

2014年度
東洋大学審査学位論文

途上国の産業部門におけるエネルギー
需要抑制策としてのエネルギー価格
制度改革の有効性に関する研究

経済学研究科経済学専攻博士後期課程
3年 4210120001 星野優子

目次

第1章 序章

1 概要	1
2 背景	3
3 目的	4
4 本論文の構成	4
参考文献	5

第2章 エネルギー価格とエネルギー補助金

1 はじめに	7
2 エネルギー価格とエネルギー補助金	8
2.1 本論文におけるエネルギー価格の定義	8
2.2 エネルギー関連税	8
2.3 エネルギー補助金	10
2.3.1 エネルギー補助金の定義	10
2.3.2 エネルギー補助金の推計方法	11
3 途上国におけるエネルギー価格とエネルギー補助金の動向	14
3.1 エネルギー価格の国際比較	14
3.2 エネルギー補助金の国際比較	17
4 途上国におけるエネルギー補助金の削減効果	19
4.1 政策の失敗	19
4.2 補助金削減による効果	20
5 まとめと考察	22
参考文献	22
補論：価格水準の国際比較に関する留意点	24

第3章 エネルギー需要関数の実証分析に関する先行研究の整理と課題

1	はじめに	25
2	エネルギー需要の特徴とエネルギー需要関数の導出	26
2.1	エネルギー需要の特徴	26
2.2	エネルギー需要関数の導出	26
3	政策効果とエネルギー需要の価格弾力性	29
4	価格弾力性の推定に関する先行研究の整理	31
4.1	Bohi による整理	31
4.2	OECD による整理	32
4.3	時間とともに変化する価格弾力性	35
4.4	途上国の価格弾力性に関する先行研究の整理	36
5	価格弾力性の推定に関する課題	37
5.1	モデル、データのタイプ、推定方法による違い	37
5.2	推定結果に影響を与える要因 — 価格に対する反応の非対称性	38
5.3	推定結果に影響を与える要因 — 需要トレンドの非線形性	39
6	まとめと考察	40
	参考文献	40

第4章 価格弾力性の非対称性の問題

1	はじめに	44
2	価格に対する反応の非対称性に関する実証研究の整理	45
3	価格に対する反応の非対称性が観察される要因：一般的な財の場合	48
3.1	市場構造とメニューコストによる説明	48
3.2	基本モデル	49
3.2.1	階層性のないケース	49
3.2.2	階層性のあるケース（リーダー=フォロアー・モデルの場合）	52
3.3	シミュレーション	55
3.3.1	調達価格変動と川上企業の利潤	55
3.3.2	メニューコストを考慮した場合	58
4	価格に対する反応の非対称性が観察される要因：エネルギー財の場合	60
4.1	Wirlによる整理	60
4.2	Grubbによる整理	60

4.3	エネルギーを含む生産要素間の代替弾力性と非対称性	61
4.4	価格に対する反応の非対称性と技術変化	62
4.4.1	先行研究による整理	62
4.4.2	エネルギー価格と技術変化の関係	63
5	まとめと考察	64
	参考文献	65
	補論 エネルギー以外の財における非対称性の計測	68

第5章 実証分析の枠組み

1	はじめに	69
2	推定モデル	70
3	データ	72
3.1	エネルギー需要	72
3.2	エネルギー価格	74
4	モデルの推定方法	74
4.1	カルマンフィルター・モデルのアルゴリズム	74
4.2	カルマンフィルター・モデルの推定	75
5	次章以降での実証分析の全体像	76
6	エネルギー消費原単位の要因分解	77
7	まとめ	78
	参考文献	78

第6章 日本についての分析

1	はじめに	80
2	データ	81
3	価格弾力性の推計結果	84
4	需要トレンドの推計結果	89
5	エネルギー消費原単位の要因分解	90
6	途上国への分析枠組みの適用可能性について	92
7	まとめと考察	93
7.1	価格に対する反応の非対称性と価格弾力性の可変性について	93
7.2	分析結果の考察	94

参考文献	94
補論 エネルギー以外の財における非対称性の計測	96

第7章 日本・中国・韓国のエネルギー多消費産業の分析

1 はじめに	106
2 エネルギー需要	106
3 エネルギー価格	109
4 モデルの推定結果	111
4.1 モデルの推定	111
4.2 価格弾力性	111
4.3 生産弾力性	113
4.4 需要トレンド	115
5 エネルギー消費原単位の要因分解	116
6 まとめと考察	117
参考文献	118
補論： IEA エネルギーバランス表と EDMC のエネルギーバランス表の差異	120

第8章 セメント産業を対象にした途上国・先進国に関する分析

1 はじめに	125
2 窯業土石（セメント）産業の特徴	126
3 分析対象国と窯業土石産業の特徴	127
4 分析に用いるデータ	129
5 価格弾力性の推定結果	130
6 エネルギー消費原単位の要因分解	132
7 中国の窯業土石産業	134
7.1 原単位低下の要因分解	134
7.2 中国のセメント産業の特徴	135
8 まとめと考察	137
9 価格に対する反応の非対称性の推定結果のまとめ(6~8章)	138
参考文献	140

第9章 エネルギー価格制度改革

1	はじめに	145
2	先進国の経験	146
2.1	日本	146
2.2	韓国	149
3	途上国の動向	151
3.1	タイ	151
3.2	インドネシア	153
3.3	中国	155
3.4	インド	158
3.5	台湾	159
4	途上国のエネルギー価格制度改革の課題	160
5.	まとめと考察	162
	参考文献	164

第10章 本研究のまとめと考察

1	はじめに	166
2	途上国のエネルギー価格制度改革が注目される背景	167
3	本研究の論点と各章の構成	168
4	途上国の国内エネルギー価格とエネルギー補助金の動向	169
5	この論文で明らかにしたこと	169
5.1	エネルギー需要の価格弾力性の推定上の課題を考慮した分析枠組みの提示	169
5.2	エネルギー価格に対する反応の非対称性をもたらす要因	170
5.3	価格弾力性の可変性について	170
5.4	日本についての分析から得られる途上国への示唆	171
5.5	日本の高度成長期と韓国・中国との比較	171
5.6	窯業土石産業の分析から得られた経済発展段階による影響	172
5.7	エネルギー価格制度改革の現状と課題	173
6	おわりに	174
7	残された課題	175
	参考文献	176

第 1 章 序章

内容

- 1 はじめに
 - 2 背景
 - 3 目的
 - 4 本論文の構成
- 参考文献

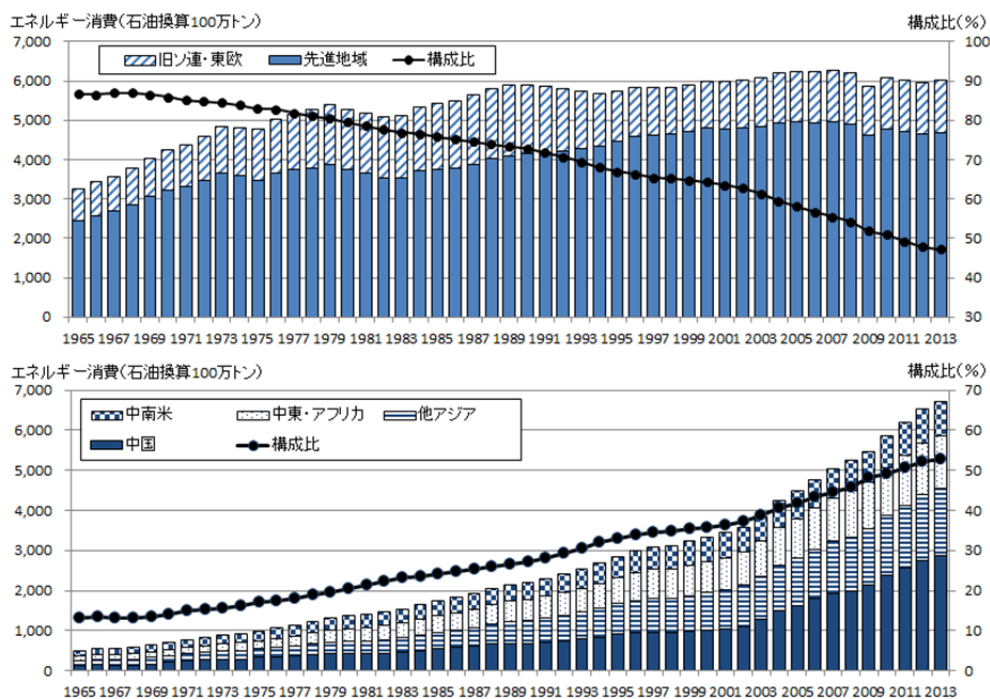
1 はじめに

図 1-1 は、1965 年以降の世界の一次エネルギー需要の推移を、先進国、旧ソ連・東欧、途上国に分けてみたものである。

1965 年の世界のエネルギー需要に占める途上国のシェアは、13%であった。その後、新興国の経済成長に伴う需要の増加から、途上国のシェアは徐々に高まっている。特に 2000 年以降は、中国をはじめとしたアジア途上国のエネルギー需要の急増が顕著である。2000 年から 2013 年まで、途上国のエネルギー需要は、年率 5.5%で増加しており、同期間に年率 0.2%で減少した先進国と好対照である。この結果、世界のエネルギー需要に占める途上国のシェアは、2000 年の 36%から、2013 年には 53%に拡大している。

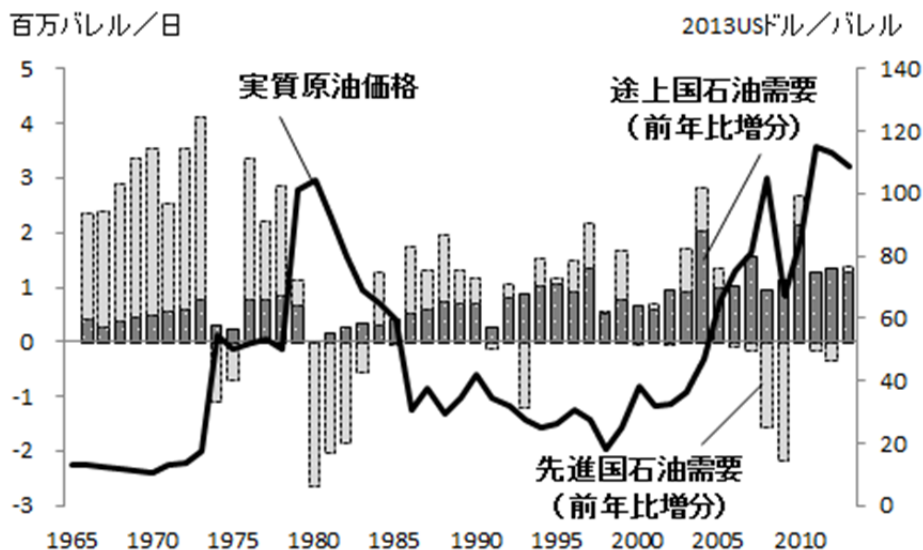
同じ期間について、実質原油価格の変化と先進国、途上国に分けた石油需要の対前年増減幅をみたのが図 1-2 である。過去 2 度の石油危機時、および 2000 年代後半以降の価格高騰期をみると、先進国の石油需要は対前年比で減少していることが確認できる。これに対して、途上国の石油需要の増減をみると、過去 2 度の石油危機時には、増加傾向に歯止めがかかったものの、2000 年代後半の価格高騰期の需要は、一貫して増加傾向にある。

これらのことから、先進国のエネルギー需要は、エネルギー価格の変化に反応しやすく、価格上昇時に需要の減少が、価格低下時に需要の増加がみられるのに対し、途上国のエネルギー需要は、一見すると価格の変化に反応しにくいように見える。この観察の真偽を確かめることが、本論文の出発点となる問題意識である。



出所:BP, Statistical Review of World Energy2014 より作成

図 1-1 先進国のエネルギー需要(上図)と途上国のエネルギー需要(下図)



出所:BP [2014], Statistical Review 2014より作成

注) 先進国はOECD+旧ソ連、途上国は旧ソ連を除く非先進国

図 1-2 実質原油価格の変化と石油需要の増減

2 背景

途上国におけるエネルギー需要の急増には、安価な国内エネルギー価格が影響しているという指摘もある。

多くの途上国においては、国内産業の保護やエネルギー利用による国民の生活水準向上のため、国内エネルギー価格は安価に抑えられてきた (UNEP [2003], The United Nations Environmental Programme)。この背景には、エネルギー補助金の存在がある。補助金政策が、政策の失敗を起こすことは、これまでも指摘されてきた (Beers and Moor [2001], Pearce [2003], OECD [2010])。2009年のG20サミットでは、非効率なエネルギー補助金の存在が、エネルギーの浪費やそれに伴う地球環境問題の深刻化、エネルギー市場の歪みをもたらし、さらに化石燃料価格の下方硬直性の一因にもなっているのではないか、という問題提起がなされた (IEA, OPEC, OECD and WB [2010], IPCC [2014])。

ここでエネルギー補助金とは、文字通りの補助金ではなく、安価な国内エネルギー価格の実現を目標とした政府による価格介入によって生じた国際価格とのかい離を指す。IISD [2012a], IIAS [2012b], IISD [2013] の推計によれば、このエネルギー補助金は、GDPの数パーセントから数十パーセントになる国もあり、いずれも近年、そのための財政負担を増加させている。

一方で、途上国におけるエネルギー需要の急増は、経済発展に伴って起こる必然的なものであるという考え方もある。Kuznets [1955] は、所得の不平等などの社会指標は、経済発展とともに、いったん悪化する局面を経て、やがて改善する傾向にあることを示した。例えば横軸に一人当たり所得を、縦軸にジニ係数をとると、これは逆U字型になることが知られている。この関係を、環境問題に当てはめたのが、環境クズネッツ曲線である (Suri and Chapman [1998], Stern [2003])。

この環境クズネッツ曲線になぞらえれば、途上国のエネルギー需要の急増は、成長途上の工業化の過程で必然的に起こるものであり、この成長途上ではエネルギー価格に対する感応度は低い、と考えることが可能である。やがて経済が成熟するにつれて、産業構造が変化し、エネルギー節約的な投資も選択可能になると、エネルギー価格に対する需要の感応度は高まることも考えられる。例えば Ibrahim and Hurst [1990] は、先進国、途上国のエネルギー需要の価格に対する感応度を比較した結果、途上国が先進国と比べて低いという結果を得ている。

しかし、途上国を対象とした実証分析の蓄積は依然として少ない。このため、途上国における化石燃料補助金削減による経済効果の分析では、エネルギー価格がエネルギー需要に影響を与える度合として、先験的な値が想定されることが多く (Manne, Mendelsohn and Richel [1995], Mori [2000], Nordhaus [1977])、その妥当性については、十分な議論がなされていない。

仮に、経済発展段階にある途上国のエネルギー需要は、経済成長率と強い相関を持つ一

方で、価格変化にはあまり影響を受けない性格のものであれば、途上国のエネルギー需要を抑制するために、国内エネルギー価格を引き上げる効果には大きく期待することができない。逆に、エネルギー価格変化に対して、十分に需要が反応するのであれば、価格上昇によるエネルギー需要の減少は、途上国経済における国際収支の改善、財政負担の軽減やそれによる優先的政策課題への財源確保を可能にする。また、エネルギー節約的な設備投資を通して、企業の生産性上昇にも貢献すると考えられる。さらに国内経済だけでなく、国際的なエネルギー需給の緩和や化石燃料消費の抑制による地球温暖化防止にもつながることが期待される。

3 目的

この論文では、エネルギー価格がエネルギー需要にどのような影響をおよぼすのかについて実証分析を行い、途上国におけるエネルギー需要の抑制策としての、国内エネルギー価格の適正化（引き上げ）の有効性を検証する。

分析では、産業部門のエネルギー需要を対象とする。工業化初期の途上国では、セメントや鉄鋼などのエネルギー多消費産業が、国内のエネルギー消費全体に占める比率も高いことから、産業部門での省エネは重要な課題である。また、製造業の業種別にみることで、共通の技術基盤を持つ同一業種間での各国のエネルギー需要を、経済発展段階に応じたバリエーションとして捉えることが可能である¹。

途上国のエネルギー価格制度改革の実効性に関しては、日本、韓国のほか、アジア途上国におけるエネルギー価格制度改革がどのような経緯をたどってきたのか、を振り返ることで、途上国への示唆を得たい。

4 本論文の構成

本論文の構成は以下のとおりである。第1章（本章）では、研究全体の背景、目的を述べ、この研究に取り組むにあたっての問題意識を設定する。第2章は、問題の所在をデータから明らかにするために、途上国を含めたエネルギー価格の国際比較、エネルギー補助金の規模などを確認する²。第3章は、エネルギー価格が需要に与える影響をみるために、

¹民生部門、運輸部門のエネルギー需要は、気候、住居、生活スタイル、地理的条件等の多様性が国際間で大きく異なる可能性があるため、分析対象としない。今後の課題である。

² エネルギー価格の国際比較では、換算レートに何をを用いるかによって影響を受けるため、注意が必要である。この点については、第3章の補論で詳述している。なお、国際比較は、問題の所在を確認する作業として行っているが、価格弾力性の推定など、第6章以降の実際の分析では、すべて各国の国内価格を用いているため、換算レートによる影響は受けない。

エネルギー需要の価格弾力性をとりあげて論じることの意義や、実証研究上の課題について、先行研究を整理した結果からまとめている。第 4 章は、エネルギー需要の価格弾力性に関する実証研究上の課題として、第 3 章で整理したものうち、特に価格弾力性が、価格上昇時と下降時とで異なることをとりあげ、価格に対する需要の反応に非対称性が生じる理由について考察している。

第 5 章は、実証研究の分析枠組みとして、分析に用いるデータおよび分析モデルについてまとめている。第 6 章は、第 5 章で作成した分析枠組みを、日本の製造業の業種別に適用した結果についてまとめている。後半では、日本と比較して、得られるデータ期間に制約のある途上国を対象に、同様の分析枠組みを適用することが可能であるかについて、検証している。その結果、概ね妥当との結果を得たことから、第 7 章では、日本に加え、韓国、中国の 3 か国のエネルギー多消費産業を対象に、同様の実証分析を行う。第 8 章では、より広範な国を対象に、第 6、7 章で得られた結果が、どの程度一般化できるものかについて、窯業土石産業を対象に、先進国、途上国の 12 か国を対象に同様の実証分析を行う。また、中国のセメント産業の実態から、実証分析で得られた結果の意味することを考察する。

ここまでの実証研究によって途上国におけるエネルギー価格が需要に与える影響度合いを確認したうえで、第 9 章では、途上国におけるエネルギー価格制度改革の動向や課題についてまとめている。最後に第 10 章では、本論文の結果と得られる示唆、残された研究課題について整理している。

参考文献

- Beers, Cees Van and Andre de Moor [2001], *Public Subsidies and Policy Failure – How subsidies distort the Natural environment equity and trade and how to reform them*, Edward Elgar Publishing
- Boone, Laurence, Stephen Hall, David Kemball-Cool, Clare Smith [1995], “Endogenous Technological Progress in Fossil Fuel Demand”, in Barker, T., Ekins, P., Johnstone, N. (Eds), “Global Warming and Energy Demand”, Routledge, London, 191-226
- BP [2014], *Statistical Review of World Energy 2014*
- Ibrahim, Ibrahim B. and Christopher Hurst [1990], Estimating energy and oil demand functions : A study of thirteen developing countries, *Energy Economics*, Vol.12, 93–102
- IEA, OPEC, OECD and WB [2010], *Analysis of the scope of energy subsidies and suggestions for the G-20 initiative*, IEA, OPEC OECD, World Bank joint report, 16 June 2010
- IISD [2012a], *A Citizen’s Guide to Energy Subsidies in Indonesia*
- IISD [2012b], *A Citizen’s Guide to Energy Subsidies in India*

- IISD [2013], "A Citizen's Guide to Energy Subsidies in Thailand"
- IPCC [2014], Fifth Assessment Report (AR5), Intergovernmental Panel on Climate Change
- Kuznets, S., [1955], Economic growth and income inequality, *American Economic Review*, Vol.49, 1-28
- Manne, Alan, Robert Mendelsohn and Richard Richels [1995], MERGE: A model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies, *Energy Policy*, Vol. 23, 17–34
- Mori, Shunsuke [2000], The Development of Greenhouse Gas Emission Scenarios Using an Extension of MARIA Model for the Assessment of Resource and Energy Technologies, *Technological Forecasting and Social Change*. Vol.63, 289-311
- Nordhaus, William D [1977], International Studies in the Demand for Energy, edito, with contributions, North-Holland Publishing Company.
- OECD [2010], Measuring Support to Energy – Version 1.0, Background paper to the joint report by IEA, OPEC OECD and World Bank on "Analysis of the Scope of Energy Subsidies and Suggestions for the G-20 Initiative", <http://www.oecd.org/dataoecd/62/63/45339216.pdf>
- Pearce, David [2003], Environmentally harmful subsidies barire of sustainable development, OECD
- Stern, David. I. [2003], The Environmental Kuznets Curve, Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute, NY
- Suri, V. and Chapman, D. [1998], Economic growth, trade and the energy: implications for the environmental Kuznets curve, *Ecological Economics*, Vol.25, 195-208
- UNEP [2003], Energy Subsidies: Lessons Learned in Assessing their Impact and Designing Policy Reform

第2章 エネルギー価格とエネルギー補助金

内容

- 1 はじめに
- 2 エネルギー価格とエネルギー補助金
 - 2.1 本論文におけるエネルギー価格の定義
 - 2.2 エネルギー関連税
 - 2.3 エネルギー補助金
 - 2.3.1 エネルギー補助金の定義
 - 2.3.2 エネルギー補助金の推計方法
- 3 途上国におけるエネルギー価格とエネルギー補助金の動向
 - 3.1 エネルギー価格の国際比較
 - 3.2 エネルギー補助金の国際比較
- 4 途上国におけるエネルギー補助金の削減効果
 - 4.1 政策の失敗
 - 4.2 補助金削減による効果
- 5 まとめと考察

参考文献

補論：価格水準の国際比較に関する留意点

1. はじめに

本論文では、途上国におけるエネルギー需要の抑制（省エネ）を考える上で、エネルギー価格の適正化（引き上げ）が、どの程度有効に働くのかを明らかにすることが目的である。その有効性の検証を行う前に、途上国のエネルギー価格の現状について、エネルギー種別、需要部門別に理解する必要がある。そこで本章では、途上国のエネルギー価格の実態を整理し、問題の所在を明らかにしたい。

まず、この論文で扱う「エネルギー価格」「エネルギー補助金」の定義を整理し、アジア途上国を中心にそれぞれの動向をまとめる。さらに、「エネルギー補助金」に関して、途上

国が抱える課題を確認する。

最後に、途上国におけるエネルギー補助金の削減を通じたエネルギー価格の適正化（引き上げ）の意義について、理論と実証の両面から先行研究の知見を整理する。

2. エネルギー価格とエネルギー補助金

2.1 本論文におけるエネルギー価格の定義

本論文では、エネルギー最終消費者が直面する、税、補助金込の末端価格を、単にエネルギー価格と呼ぶ。エネルギー価格に影響を与えるのは、例えば石油製品では、原料となる原油の井戸元（生産）価格、（国際）輸送コスト、精製コスト、国内流通・販売コスト、各種の税および補助金（控除項目）などである。このうち、井戸元価格、輸送コスト、精製コスト、国内流通・販売コストの合計を税抜き本体価格とすると、エネルギー価格は以下の3項目で構成される。

$$\text{エネルギー価格} = \text{税抜き本体価格} + \text{税} - \text{補助金}$$

「税－補助金」がプラスの場合にはネットの課税、マイナスの場合にはネットの補助金とすると、一般に先進国は、ネットで課税されているのに対して、途上国は、先進国よりも税率が低いか、ネットで補助金が支給されている。以下では、先進国を中心に税について、途上国を中心に補助金について整理したい。

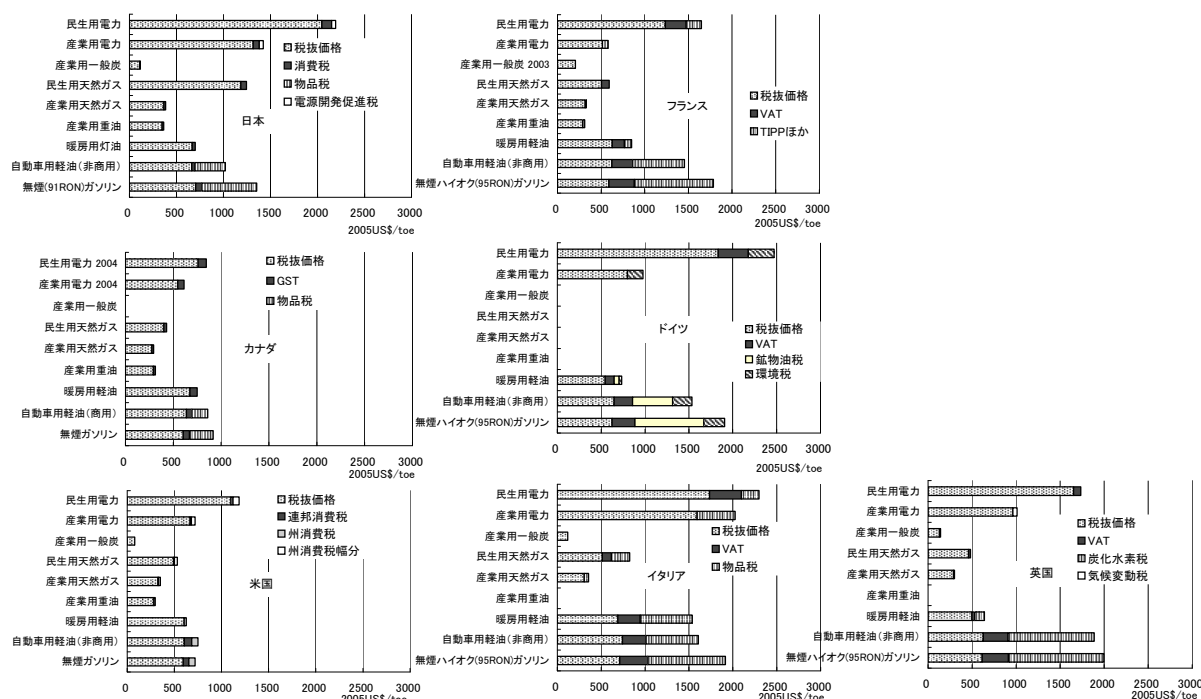
2.2 エネルギー関連税¹

図 2-1 は、十市・小川・佐川 [2001] の分類にならって、IEA（International Energy Agency, 国際エネルギー機関）の Energy Prices and Taxes に基づいて、2005 年時点での G7 各国のエネルギー源別本体価格、VAT 税、物品税等を比較したものである。ただし、州・地方ごとに複雑な税体系になっている国も多く、国平均の税率データが掲載されていない国も多い。ここでは、IEA の同統計に掲載されている範囲での税率の比較を試みた。

日本、カナダ、米国と比較して、欧州の4カ国では、VAT 税の比率が高いが、産業用、発電用、商用のエネルギーに対しては免除されている。欧州では、従価税である VAT 税率が高いことから、一次エネルギー本体価格の上昇は税込み価格の上昇にもつながりやすい。さらに、欧州では、石油製品についての物品税率も高率である。税込みの自家用自動車用燃料価格のうち、半分以上が物品税（フランスは石油製品国内税、ドイツは鉱油税、英国は炭化水素税）である。日本の石油関連の物品税率は税抜き価格の 50～80% であり、米国、

¹ 本節の内容は星野・杉山・上野 [2009] に基づく。

カナダと比較すると高率ではあるが、欧州 4 カ国は、税抜き価格の 80~180%とさらに高くなっている。



出所: 星野他 [2009]の図 3 より引用。Energy Prices and Taxes より作成

図 2-1 2005 年時点での G7 各国のエネルギー価格と税率

OECD の定義によれば、エネルギー税を広義の環境税と見ることもできるが、2005 年時点、G7 諸国のなかで、環境税という名目で、国レベルで導入されているのは、ドイツと英国の 2 カ国である。ドイツでは、1999 年 4 月 1 日より、環境税が導入された。電力税もこのとき導入された。実際には、鉱油税の増税分と電力税を合わせて、環境税と呼んでいる。税率は 2003 年まで毎年上げられ、それ以降は一定になっている。税率は、電力で、税抜き価格の 2 割前後、自動車用燃料で税抜き価格の 3 割強と、価格への影響は小さくない。英国では、石油製品には、既に炭化水素税として高率の物品税が課されていることから、環境税は、天然ガス、石炭、電力に課税される。税率は、それぞれ税抜き価格の 3%、10%、5%となっている。

なお、欧州委員会 (EC) では、2003 年にエネルギー税制に関する指令を出した。EU の最低課税率の規制範囲を、当初の石油製品だけから、石炭、天然ガス、電力にも広げ、EU 域内や燃料間での税率の歪みの是正や、省エネやエネルギー効率の向上を目的としたものである。ドイツでは 2006 年から、従来の鉱油税が、石炭を加えたエネルギー税に組み替え

られたほか、フランスでも、石油製品消費税では非課税であった石炭にも2007年から課税されるようになった。

エネルギー税収の使途をみると、日本、米国では、その多くが道路整備費などに充てられる目的税である。日本では、道路整備以外にも石油備蓄、代替エネルギー開発などに使われることから、国のエネルギー政策と密接な関わりを持っている。一方、欧州4カ国では、一般財源に組み込まれており、その使途も広く、社会保障費などの一般歳出に充てられている。

2.3 エネルギー補助金²

2.3.1 エネルギー補助金の定義

エネルギー補助金に関する国際的に統一された定義は存在しないが、代表的なものとして、WTO（World Trade Organization：世界貿易機関）、EIA（US Energy Information Administration：米国エネルギー省エネルギー情報局）、OECDによる定義がある。

- a) WTOの”Agreement on Subsidies and Countervailing Measures”の定義：補助金とは、「政府や公的機関による金銭的支出を伴う、直接的な資金移転又は信用供与、免税、物品・サービスの提供など」である。ただし、関税・非関税障壁による価格への介入や、インフラ整備は含まない。
- b) EIAの定義：補助金とは、「金銭的インセンティブ、規制、研究開発または公的企業活動などを通して、エネルギー市場に影響を及ぼす政府の働きかけ」である。
- c) OECDの定義：補助金とは、「生産者あるいは消費者が直面する価格に影響を及ぼす政府の働きかけ」であり、「生産者補助金」、「消費者補助金」および両者の組み合わせだった「生産者・消費者補助金」の3種類に分類できる（表2-1）。

表2-1 OECDの定義

補助金の種類	概要
PSE (生産者補助金)	産出物への支援（市場価格支持、産出物買取）、投入物への支援（エネルギー、水、化学製品の投入コスト支援）、建築物、機械設備等への支援、個々の産出者に供与される業務コスト、訓練コストへの支援、労働コストへの支援（賃金、社会保障費）、土地購入・レンタルコストへの支援、現在の収入（または領収書）に基づく補助（現在何らかの財サービスの生産を行っていること）、過去実績または固定の収入（または領収書）に基づく補助（現在何らかの財サービスの生産を行っていること）、過去実績または固定の収入（または領収書）に基づく補助（現在は生産してなくても可）などからなる。
CSE (消費者補助金)	エネルギー輸出国における低廉な消費者価格制度、国内価格が国際価格よりも高く設定されている場合の、消費者（国内炭を利用する産業など）に対する差額分の補助。また、燃料の輸入関税は、国内価格を高く設定することによる、消費者から国内生産者への所得移転、マイナスのCSEとも捉えることができる。
GSSE (生産者・消費者補助金)	R&D、検査業務（品質、安全性）、インフラ（石油・ガスパイプライン等）、市場開拓（一次エネルギー産品等の販路拡大への政府支援など）などからなる。

出所：星野 [2011] より引用。

²本節の内容は星野 [2011] に基づく。

表 2-2 エネルギー補助金の種類ごとにみた効果

政府の介入	例	主な補助金の効果		
		生産コストの低減	生産者価格の支持	消費者価格の低減
直接的な資金移転	生産者への移転	●		
	消費者への移転			●
	低利子優遇	●		
差別的税制	ロイヤリティ、売上税、事業税、関税等の優遇	●		
	税額減免	●		●
	エネルギー供給設備の加速償却	●		
貿易制限	割当制度、技術要件上の制限、禁輸		●	
政府による安価なエネルギー供給サービス事業	エネルギーインフラへの投資	●		
	公的R&D	●		
	信用保証、廃炉費用	●		
エネルギー部門への規制	買取保障・委託開発率	●	●	
	価格統制		●	●
	市場アクセス制限		●	

注) UNEP(2008)より作成

出所: 星野 [2011]より引用。

表 2-2 は、UNEP (The United Nations Environment Programme, 国連環境計画) [2008]から、EIA や OECD の定義にそって整理されたエネルギー補助金の種類ごとにみた効果である。

主な補助金の効果は、「生産コストの低減」、「生産者価格の支持」、「消費者価格の低減」の 3 つに分類できる。そのうち、ここで着目しているのは「消費者価格の低減」効果である。この効果をもたらすのは、直接的な資金移転である「消費者への移転」、差別的税制である「税額減免」、エネルギー部門への規制である「価格統制」の 3 通りの政府介入である。

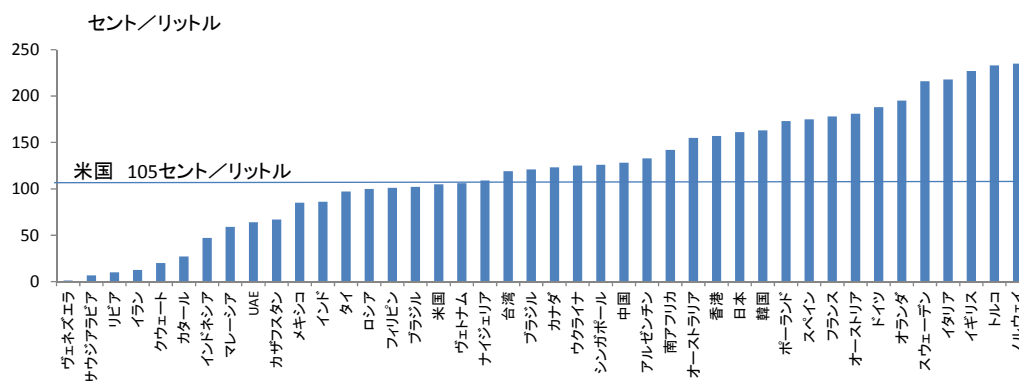
2.3.2 エネルギー補助金の推計方法

(1) プライスギャップアプローチ

国際的な補助金規模の推計、比較を行う場合には、ある程度統一的な方法で価格変化を観察する「プライスギャップアプローチ」という方法が、透明性、有用性ともに高い。これは、政府の何らかの介入によって、エネルギーの国内価格が変化したと見え、国内エネルギー価格と国際的なリファレンス価格との差を、「プライスギャップ」として推計する方法である。推計には、国内外のエネルギー価格のデータさえあれば良く、補助金財政の特別なデータは必要ないことから、途上国を含めた国際比較や、速報性のある分析も可能である。

図 2-2 は、このプライスギャップの考え方が最も分かり易い例として、自動車用の軽油

価格を国際比較したものである。GIZ³ [2013] によれば、2012-2013年の自動車用燃料の国際間でみた価格の幅は、軽油 10あたり、ヴェネズエラの 1.1 セントからノルウェーの 235 セント、ガソリン 10あたりヴェネズエラの 2.3 セントからトルコの 254 セントまでと、大きな開きがある。



出所：GIZ [2013] より作成

図 2-2 各国の自動車用軽油価格(2012-13年)

原油は、国際取引規模が最大の商品であることから、その価格には国際間の裁定が働きやすい。この原油を原料とした石油製品の国内価格で見られる大きな国際間の価格差は、主には各国の税、補助金の格差によってもたらされていると考えられる。このうち米国は、州によって異なるものの、平均的には、自動車燃料に対する税、補助金を概ねゼロとみなすことができることから、簡易的に米国の価格水準を、税・補助金抜きの参照価格とすることができる(Morgan [2007])。従って米国の価格よりも安価な場合には、ネットの消費者補助金が支給されていることを意味する。逆に、米国の価格よりも高価な場合には、ネットの税が課されていることを意味する。

図 2-2 から、ヴェネズエラ、サウジアラビアなど産油国の一部では、9割を超える補助金の存在が示唆される。これに対して、ノルウェー、イギリスなど欧州先進国を中心に、ネットで 100%前後の課税となっていることが確認できる。図 2-2 のうち、アジア途上国についてみると、インドネシア、マレーシア、インド、タイ、フィリピンでは、米国の価格よりも安価であることから何らかの消費者補助金の存在が示唆される。

³ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) ドイツ政府の持続的開発に関する国際協力に携わるコンサル企業

(2) トランスファーアプローチ

Koplow [2009] は、このプライスギャップアプローチ以外の手法として、トランスファーアプローチをあげている。これは、特定の政府プログラムごとの補助金フローを定量化する方法である、この手法では、補助金により、燃料価格が変化するか否かは問わない。この手法の利点は、補助金の出所がより高い精度で示され、政府から生産者、消費者双方への移転を扱うことができる点である。

表 2-3 は、プライスギャップアプローチとトランスファーアプローチの2つの方法で推計された補助金の規模を比較したものである。対象地域、燃料種別や対象年は必ずしもそろっていないため、正確な比較は難しいが、プライスギャップアプローチでは対象となっていない R&D (Research and Development, 研究開発) 関連の補助金や生産者補助金を考慮に入れると、先進国においては、トランスファーアプローチで推計された補助金の規模ははるかに大きいことがわかる。

表 2-3 プライスギャップアプローチとトランスファーアプローチの比較

	プライスギャップ法 10億USDドル	トランスファーアプローチ法 (政府資金の移転) 10億USDドル		対象年	出典
OECD					
R&D補助金	ほぼゼロ	12.0		2007	IEA(2008) IEA(2009)
EU,石炭補助金		4.3		2007	EC(2007)
米国, エネルギー補助金		75.0		2007	Koplow(2009)
非OECD					
石炭	2.3			2007, 主要19カ国	IEA(2008)
電力	78.8				
石炭火力発電量シェア	50.4				
石炭火力発電量シェア				2006	
プライスギャップ / 生産者補助金	プライスギャップ	生産者補助金			
	1996	1995	1996		
	\$/トン	\$/トン	\$/トン		
ドイツ	-93.5	119.7	116.3	1995,1996	Koplow(1998), IEA(1997)
日本	2.2	149	no data	1995,1996	
スペイン	no data	57.6	72.3	1995,1996	
英国	2.2	3.4	no data	1995,1996	

出所：星野 [2011] より引用。Koplow [2009], Table3 より作成

(3) 「プライスギャップアプローチ」の問題点

プライスギャップアプローチは、その利便性から広く用いられているものの、消費者補助金の推計方法であるために、推計された補助金の大半が途上国に偏ってしまう欠点を持つ。プライスギャップアプローチを用いて補助金を推計することに関しては、OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) から、「資源国にとっての比較対象は、国際価格ではなく生産コストであるべきである」という異論も出されている。

Koplow [2009] は、このプライスギャップアプローチによる推計の問題点について以下(a)～(d)の点を指摘し、トランスファーアプローチも組み合わせた多面的な評価の必要性を強調している。

a)精度の高い価格差計測に必要なデータが十分に得られない。

石炭や天然ガス、電力など国際取引が少ないエネルギーには、国際的に共通のリファレンス価格が存在しない。石油価格であっても、補助金や供給者のカルテルなどの影響を受けており、さらに輸送・流通コストによって大きな幅を持つ。また盗電や未収金の存在、安売りがあがる国では、補助金が過小評価される。

b)価格には影響しない補助金がある。

エネルギー輸送インフラの整備、資源探査など、商業化前の活動や閉鎖後の処理への補助金などは、供給コストに影響を与えるが、エネルギー価格には反映されない。また、電力会社への国内炭利用の義務付けや、バウチャー（配給切符）、低所得者への所得補填なども国内価格に反映されない補助金である。

c)投資決定に及ぼす補助金の影響を考慮できない。

排出権市場の構築、CCS（Carbon Dioxide Capture and Storage：二酸化炭素回収貯留）その他のクリーンコール技術、原子力発電、再生可能エネルギーに関わる R&D への補助金は、将来のエネルギー政策をにらんだエネルギー供給側の投資決定に大きな影響を及ぼすが、これらも現在のエネルギー価格には反映されない。

d)特定のエネルギーへの補助金を他よりも過小（過大）評価する可能性がある。

例えば、CCS、セルロース系エタノールなど新しいエネルギー源への補助金は、これらの十分な市場が成立していない状態では、価格に反映されないため、コストにみあった推計をすることができない。

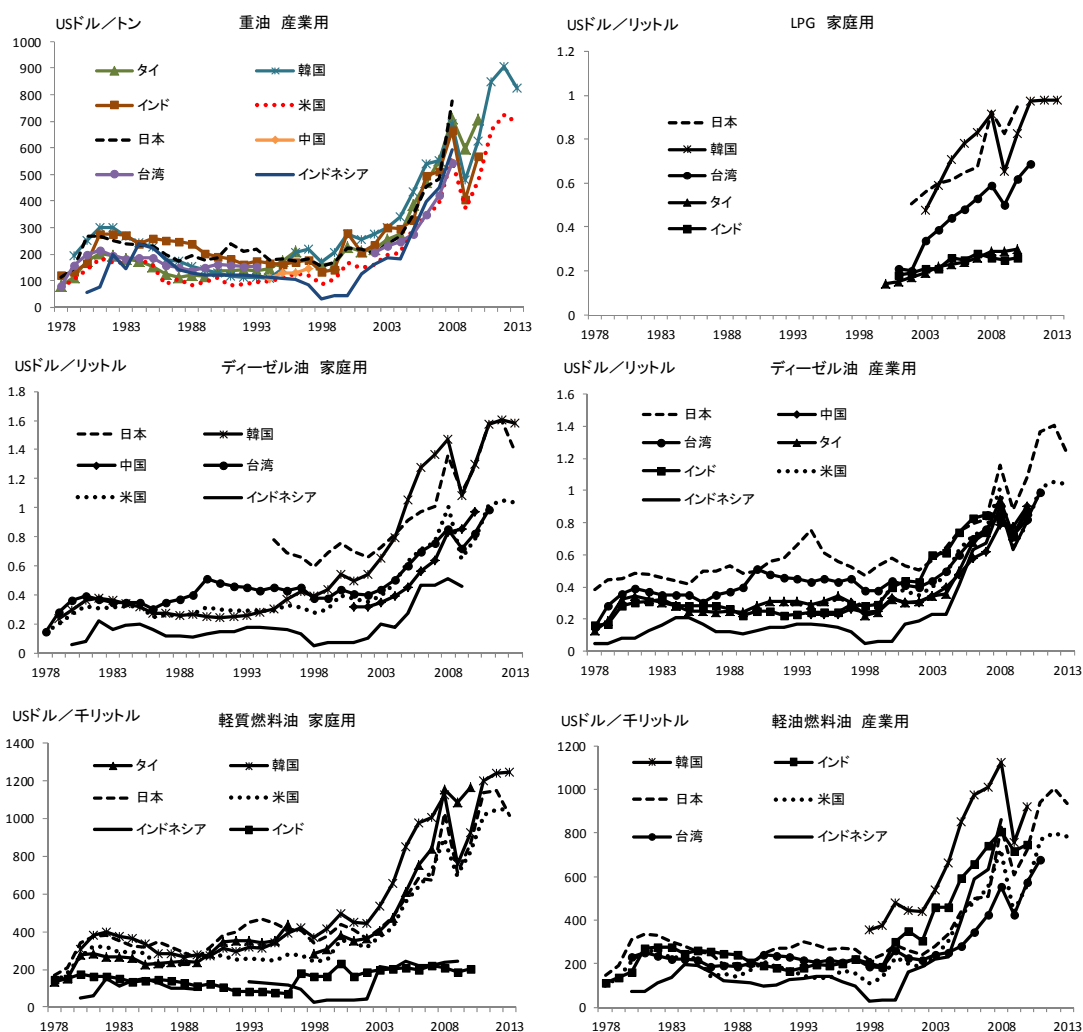
プライスギャップアプローチには、以上のような問題点があるものの、表 2-2 で確認したように、政府介入の具体的な内容は多岐にわたっており、規制的手段など必ずしも金銭の移転を伴わないものも含まれている。このため、補助金の規模を評価するのに、政府からの移転規模を推計する方法は、複雑かつ困難な作業を伴う。さらに、データが得られにくい途上国の分析はより困難になる。このため、政府介入によってエネルギー価格水準がどの程度影響を受けたか、すなわち出来上がりの価格水準に着目する方法であるプライスギャップアプローチが、その簡便性および透明性から、国際比較の場合には一般的な方法となる。

3 途上国におけるエネルギー価格とエネルギー補助金の動向⁴

3.1 エネルギー価格の国際比較

⁴ 本節の内容は、星野 [2015] で報告した。

以下では、先に見たプライスギャップアプローチの考え方に即して、末端のエネルギー価格の国際比較を行う⁵。エネルギー価格の国際比較で最も参照される統計は、IEA (International Energy Agency: 国際エネルギー機関) の Energy Prices and Taxes である。図2-3、2-4は、日米およびIEAの Energy Prices and Taxes に収録される東アジア諸国について、家庭、産業用のエネルギー源別国内価格の推移を比較したものである。このうち、図2-3は、石油製品(重油、LPG、ディーゼル油、軽質燃料油⁶) 価格の比較である。主要用途が家庭または産業用に限られるもの以外は、家庭用、産業用のそれぞれについて比較している。



出所：IEA, Energy Prices and Taxes データより作成

図2-3 日米および東アジア諸国の石油製品価格の推移

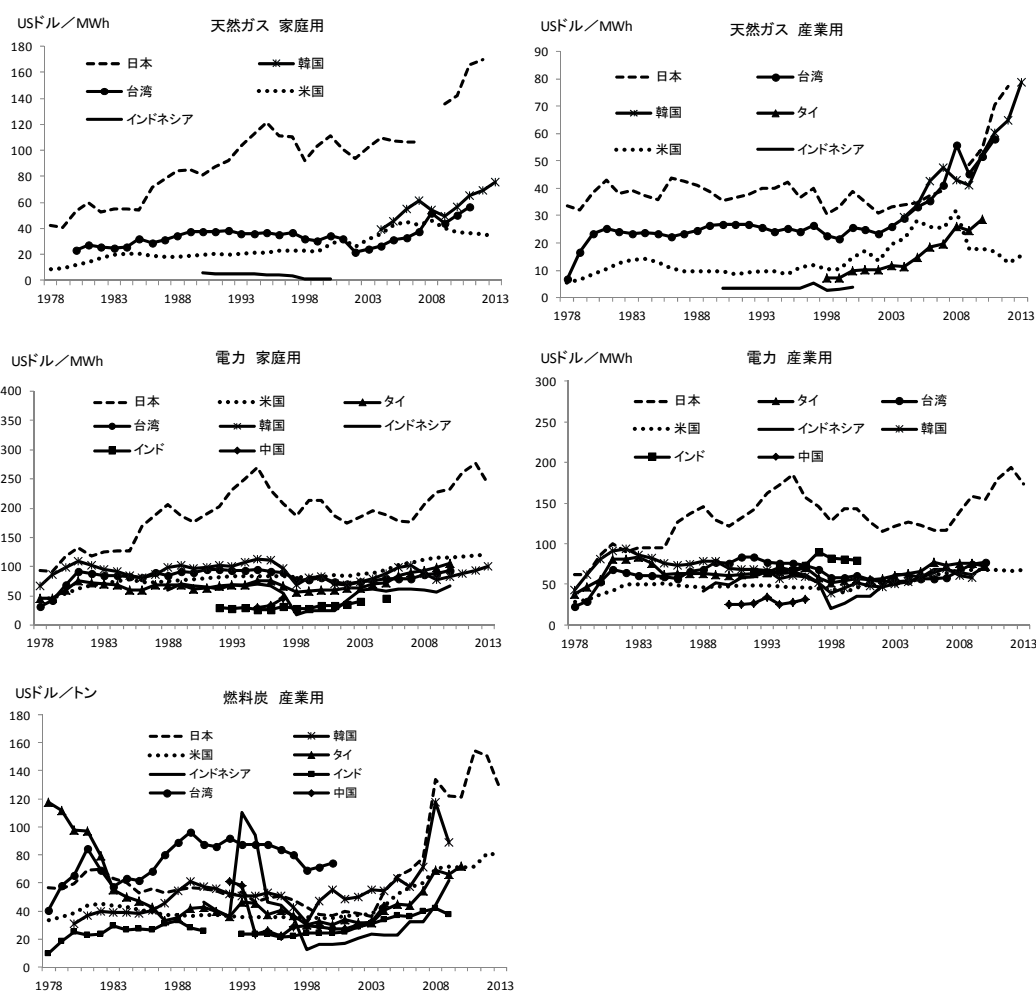
⁵ エネルギー価格の国際比較にあたっての留意点は補論に示す。

⁶ IEAのEnergy Prices and Taxes の「Light Fuel Oil」で主に暖房用の軽質油をさす。

まず、産業用の価格水準は、家庭用に対して平均的には低い傾向にある。産業用では、エネルギー関連インフラが大規模集約化していることで流通コストが低く抑えられるためである。また、産業用では、家庭用に比べて国間の価格差は小さく、各国間でほぼ連動して推移していることもわかる。特に産業用の重油価格の価格差は小さい。家庭用に比べて消費者補助金の比率が小さく価格自由化が進んでいること、税率には産業の国際競争への配慮が働きやすいことを反映している。これに対して、家庭用のLPG価格をみると、タイ、インドの価格は、日本、韓国の価格の約3分の1にとどまっている。

ここで簡易的に、米国の価格を、税・補助金がない場合の参照価格と考えると、家庭用のディーゼル油ではインドネシア、家庭用の軽質燃料油ではインド、インドネシアで、参照価格を大きく下回っており何らかの消費者補助金の存在が示唆される。

図2-4は、石油製品以外のエネルギーとして、家庭用・産業用の天然ガス、電力、産業用の燃料炭についての国内価格の推移をみたものである。



出所：IEA, Energy Prices and Taxes データより作成

図2-4 日米および東アジア諸国の天然ガス・電力・石炭価格の推移

石油製品以外のエネルギーでは、税・補助金を含まない国際間で共通の参照価格を設定することは難しい。例えば天然ガスでは、パイプラインガスと LNG の違いがあるほか、電力では、電源構成によって発電コストは大きく異なる。また、石炭では、品質の違いが価格に大きく影響する。このため、国際比較には注意を要する。

まず天然ガスについてみると、家庭用では、ともに LNG が原料であるはずの日本、韓国、台湾を比べると、日本では、韓国、台湾に比べて 2013 年時点で約 2 倍の水準にあることが確認できる。一方の産業用では、これら 3 か国の価格水準はほぼ似通っている。流通コストを考えると、家庭用は産業用に比べて配管が長く複雑なため、熱量あたりでは割高になる。日本では、2 倍程度割高になっているのに対し、韓国、台湾では熱量あたりの価格差はほとんどないことから、産業用需要家から家庭への内部相互補助が存在する可能性がある。

次に電力についてみてみたい。同じく家庭用は産業用に比べて配電費用がかさむため、一般に産業用価格よりも高くなる。産業用では、日本を除くアジア各国の価格水準は、ほぼ米国並みである。これに対して家庭用では、ここで取り上げた日本以外のアジア諸国のすべてで、米国の価格水準を下回っている。インド、インドネシアに加え、韓国の電力価格も家庭用では低めに抑えられていることがわかる。最後に産業用の燃料炭価格を比較している。石炭は、その多くが国内向けに生産されており、国内のエネルギー需給環境の影響を受けやすい。また、同一国内であっても、石炭の品位によって価格は大きく異なることから、他のエネルギー源とは異なる推移が観察される。

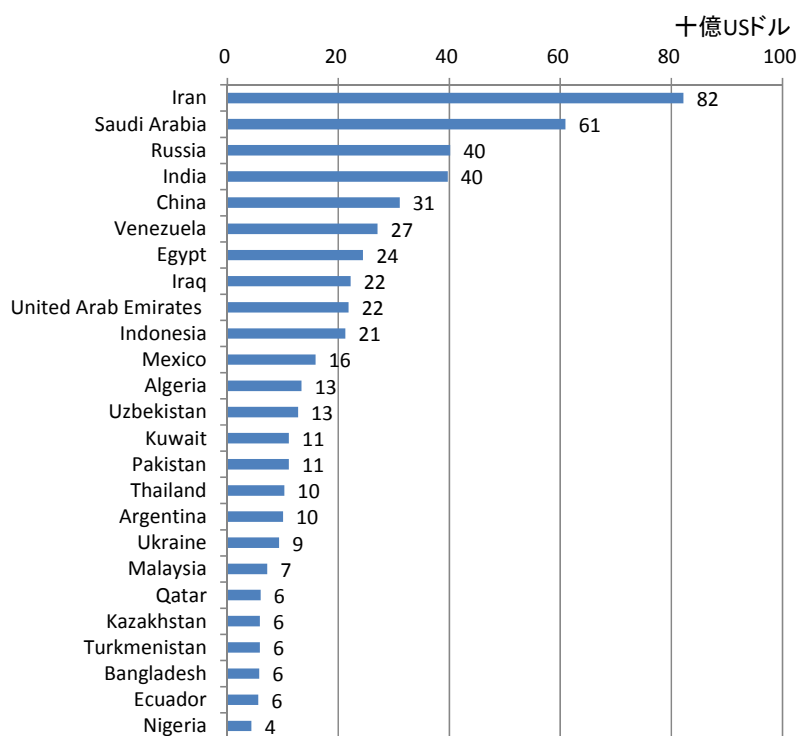
3.2 エネルギー補助金の国際比較

IEA [2011]では、プライスギャップアプローチを用いて、各国のエネルギー補助金額を総計している。それによると、2008 年時点の世界の化石燃料への消費者補助金の合計は 5,500 億ドルを超える高水準であったが、同年に最高値をつけた原油価格が、その後下落したことを受けて、2009 年の同補助金額は 300 億ドルと大きく減少した。しかし 2010 年には原油価格は再び上昇し、化石燃料への消費者補助金の合計は 400 億ドル強に達した。このように、化石燃料補助金は国際原油価格変化の影響を大きく受ける。

化石燃料補助金のうちわけを燃料別に見ると、石油関連の補助金の割合が最も高く、2010 年で約 47%であった。さらに、IEA [2012]の推計では、2011 年の同補助金額は、523 億ドルへ増加し、このうち石油製品への補助金は 54%の 285 億ドルであった。それ以外では、発電用燃料価格への助成を通じた電力への補助金は 131 億ドル、天然ガスへの補助金は 104 億ドル、石炭への補助金は 3.2 億ドルであった。

図 2-5 は、プライスギャップアプローチを用いて推計された、2011 年時点の上位 25 か国についての、エネルギー消費者補助金の総額である (IEA [2012])。イラン、サウジアラビア、ロシアといった産油国に交じって、インド、中国が上位 5 か国に含まれている。アジ

ア諸国としては、この 2 か国の他にも、10 位にインドネシア、15 位にパキスタン、16 位にタイが含まれている。



出所：IEA [2012]

図 2-5 国別のエネルギー補助金（消費側への補助金）の上位 25 か国（2011 年）

これらのエネルギー補助金が、GDP および国家の財政支出総額と比較して、どの程度の比率になるのかをみたのが、IMF [2013] による次の表 2-4 である。石油製品についてみると、ヴェネズエラ、サウジアラビア、イランといった現 OPEC 加盟国とならんで、インドネシアでも、補助金支出額が政府税収の 15% を占めている。インドネシアは、かつては OPEC に加盟する石油の純輸出国であったが、現在は国内需要の急増から、純輸入国に転じている。従って、ここにあげた OPEC 産油国と比べた比率が同程度であっても、歳入が原油価格に連動する中東 OPEC 産油国の場合とは、深刻さが異なる。財政が石油収入に連動する場合には、原油価格の上昇による補助金負担の増加はあっても、同時に石油収入も増加するためである。また、インド、タイ、マレーシアなどインドネシア以外の途上国でも、エネルギー補助が政府税収に占める割合は、それぞれ 9.4%、9.6%、8.6% と 1 割弱を占めることから、財政負担軽減の観点からも補助金制度の改革の必要性が高まっている。

表 2-4 エネルギー補助金の対政府税收比率（左）と対 GDP 比率（右）（2011 年）

	(%)					(%)			
	石油製品	電力	天然ガス	石炭		石油製品	電力	天然ガス	石炭
世界計	0.9	0.6	0.5	0.0	世界計	0.3	0.2	0.2	0.0
中国	0.0	0.7	n.a.	n.a.	中国	0.0	0.2	n.a.	n.a.
インド	6.8	1.7	0.9	0.0	インド	1.3	0.3	0.2	0.0
インドネシア	14.5	3.7	0.0	0.0	インドネシア	2.6	0.7	0.0	0.0
タイ	0.7	7.2	0.6	1.1	タイ	0.2	1.6	0.1	0.3
マレーシア	5.7	1.5	1.4	0.0	マレーシア	1.2	0.3	0.3	0.0
韓国	0.0	n.a.	0.0	0.1	韓国	0.0	n.a.	0.0	0.0
日本	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	日本	0.0	n.a.	n.a.	n.a.
台湾	n.a.	1.2	0.0	0.2	台湾	n.a.	0.2	0.0	0.0
ヴェネズエラ	15.8	2.9	1.7	n.a.	ヴェネズエラ	5.6	1.0	0.6	n.a.
UAE	1.4	5.3	9.6	n.a.	UAE	0.5	1.9	3.4	n.a.
サウジアラビア	14.0	4.7	0.0	0.0	サウジアラビア	7.5	2.5	n.a.	0.0
イラン	17.0	14.5	19.5	0.0	イラン	4.2	3.6	4.8	0.0
ロシア	0.0	2.6	2.9	0.0	ロシア	0.0	1.0	1.1	0.0
US	0.2	n.a.	n.a.	0.0	US	0.1	n.a.	n.a.	0.0

出所：IMF [2013] より作成

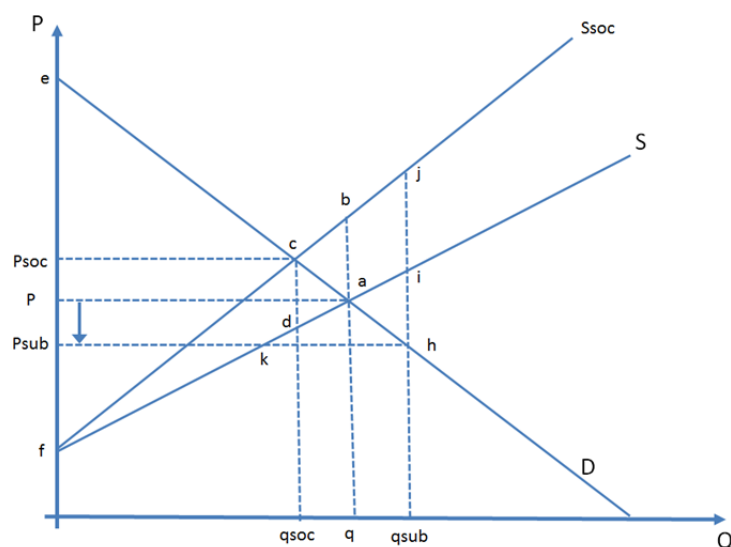
4 途上国におけるエネルギー補助金の削減効果

4.1 政策の失敗

補助金自体は、公益の増進を目的とするものであるが、政策の失敗も起こしうる。Beers and Moor [2001] を参考に、その失敗の例を示したのが、図 2-6 である。横軸にエネルギー需要量 Q を、縦軸にエネルギー価格をとると、需要曲線 D と供給曲線 S との交点 a で価格 p 、需要 q が決まる。このときの消費者余剰は Δaep 、生産者余剰は Δapf で、総余剰は Δaef である。今、価格 p が、消費者補助金によって価格 p_{sub} まで引き下げられたとする。このときの生産者余剰は $(\Delta kp_{sub}f - \Delta khi)$ 、消費者余剰は Δhep_{sub} より、総余剰は $(\Delta aef - \Delta hia)$ で、総余剰は Δhia 減少する。

次に環境外部性を考慮した社会的限界費用曲線 S_{soc} を考えると、補助金がないときの総余剰は、 Δaef から Δabf を引くので、 $(\Delta cef - \Delta abc)$ となる。一方、補助金がある場合の総余剰は、 $(\Delta aef - \Delta hia)$ から Δijf を引くので、 $(\Delta cef - \Delta hjc)$ となり、総余剰の減少は、四角形 $ijca$ だけ拡大する。

以上から、市場に任せる場合に比べて、消費者補助金がある場合の総余剰は小さくなる。また消費者補助金がある場合には、需要の拡大によってエネルギー消費量が増加することから、環境外部性が増加する。この結果、外部性を考慮した場合には、消費者補助金があることによる総余剰の減少はさらに拡大することがわかる。



注) 消費者補助金によって、価格 P が P_{sub} に低下した場合を考える。 S_{soc} は社会的限界費用曲線である。

図 2-6 補助金政策の失敗の例

4.2 補助金削減による効果

前節でみたように補助金政策には、政策の失敗が起こりうる。この失敗を起こさないために、エネルギー補助金を削減した場合の効果は、1) エネルギー消費の削減、2) CO_2 排出量の削減など環境負荷の低減、3) 財政負担の軽減、4) 所得分配への影響、5) エネルギー源の転換と多岐にわたる。このうち、ここでは、途上国での化石燃料補助金の削減によるエネルギー消費、 CO_2 排出量の削減効果について考えてみたい。

IEA [2011] の試算結果によれば、世界の化石燃料補助金を全廃すると、世界のエネルギー需要は 2035 年で 4.8% 減少し、 CO_2 排出量は 5.8% (2.6Gt- CO_2) 削減できるとしている。これは、同アウトルックの New Policies シナリオ (現在表明されている各国のエネルギー環境政策を織り込んだケース) で、2009 年から 2035 年までに途上国で予測されている CO_2 排出量増加分の実に 3 割にも相当する。このように途上国の化石燃料補助金の削減によるエネルギー需要の抑制とそれに伴う CO_2 排出量の削減効果には大きな期待がかけられている。

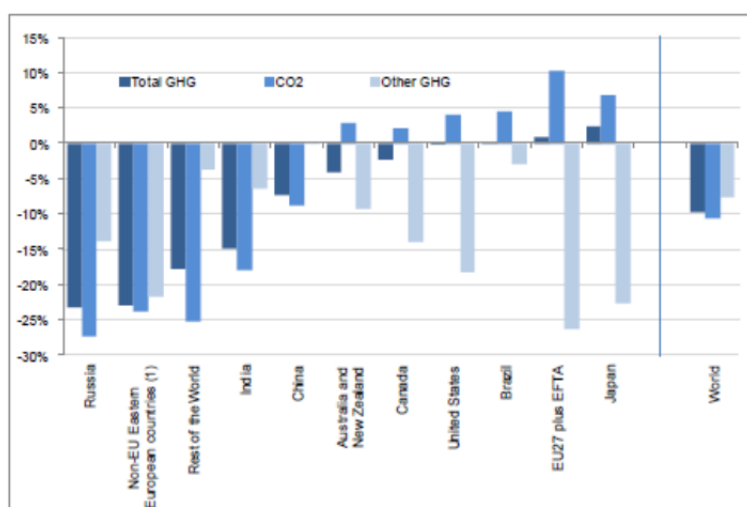
IEA [2011] では、補助金削減による国別の影響については触れられていないため、以下では、IEA のレポートで使われているのと同様の補助金データを用いた、OECD のモデル分析 (IEA, OPEC, OECD and WB [2010]) から、国別の結果を中心に見ていきたい。

IEA, OPEC, OECD and WB [2010] によれば、需要の減少により、エネルギーの国際価格は、2050 年で、原油が 8%、天然ガスが 13% 低下する。これによって、エネルギー輸入国の交易条件が改善する。GDP への影響は、エネルギー消費や CO_2 排出量の影響に比べると軽微である。2050 年時点のベースケースと比較した場合、補助金を削減したエネルギー輸入国

の所得は増加する一方（ベースケース比インドで2.6%、中国で0.6%）⁷、エネルギー輸出国では、価格の低下と需要の減少から輸出収入が伸びないためGDPは減少する（ロシアでマイナス4.4%、旧東欧でマイナス4.7%）。これらを合わせた世界全体のGDPは、2050年でベースケースに比べて0.3%増加する。

図2-7は、経済、エネルギー需要への影響を介した温室効果ガス（GHG）排出量への影響をみたものである。仮に、消費者補助金を全て廃止した場合、2050年時点でのCO₂排出量の減少は、ベースケースに比べて、世界全体で約10%になると試算している。この削減率を地域別にみると、ロシア、旧東欧、中東・アフリカ地域で、約25%前後と大きくなっている。次いで、インドが15%、中国が7~8%である。これに対し先進国は、オーストラリアやカナダなどの資源国で減少するものの、減少幅は5%に満たず、ほとんどが途上国における削減になっている。

ところで、これらの結果は、様々な想定の下での事前のシミュレーション結果であることに注意が必要である。補助金の削減によるエネルギー需要の抑制効果がどの程度かとい



Source: OECD ENV-linkages model based on IEA subsidies data (OECD, 2010a)

Note: Non-EU Eastern European countries include Armenia, Azerbaijan, Belarus, Croatia, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan, according to the data aggregation in the GTAP database.

IEA, OPEC, OECD and WB [2010]より引用。

図2-7 補助金削減の影響—GHG 排出量への影響

⁷補助金の削減によって所得が増加するメカニズムについて、モデル上では、補助金削減による税収の戻り分が家計に還流され資源配分が適正化されるものとして計算されている。

う政策の事後評価がなされたわけではなく、あくまで計算に用いたモデル内における、エネルギー需要の価格に対する感応度に依存した結果である。この「感応度」については、次章以降で詳しく検討する。

5. まとめと考察

本論文では、途上国におけるエネルギー需要の抑制を考える上で、エネルギー価格の適正化（引き上げ）がどの程度有効であるのかを明らかにすることが目的である。本章では、個別の検証に入る前に、エネルギー需要者が直面する末端価格を対象に、途上国におけるエネルギー価格の動向を整理した。

ここでいう末端価格は、本体価格に税を加え、補助金を控除した価格である。エネルギー需要者が直面する末端価格を国際比較することで、各国の課税・補助金支給規模を推測することが可能になる。中でも、石油製品は、市場規模も大きく活発な国際取引が行われていることから、その価格には国際間で裁定が働きやすく、国際間の価格の違いを、概ね課税・補助金水準の違いであるとみなすことができる。この推計方法は、プライスギャップアプローチと呼ばれ、IEAなどで、エネルギー消費者補助金の推計に一般的に使われている。

同方法によって推計された途上国におけるエネルギー補助金の規模は、近年のエネルギー価格高騰によって、産油国だけではなくアジア途上国においても、政府税収の1割前後を占めるまでに膨らんでいる。従って、エネルギー補助金の削減は、エネルギー需要の抑制だけでなく、財政負担の軽減という点からも途上国にとって重要な政策課題である。

このエネルギー補助金の削減による、国内エネルギー価格の上昇が、途上国のエネルギー需要の抑制にどの程度の効果を持ちうるのかを決めるのは、エネルギー需要の価格に対する感応度である。次章では、この「感応度」に関する実証研究について、先行研究を整理し、課題を明かにする。

参考文献

- 十市勉, 小川芳樹, 佐川直人 [2001], 『エネルギーと国の役割－地球温暖化時代の税制を考える』, コロナ社
- 星野優子, 杉山大志, 上野貴弘 [2009], 『エネルギー価格の国際比較－地球温暖化防止政策の視点から－』, 電力中央研究所研究報告, Y08027
- 星野優子 [2011], 『途上国における化石燃料補助金の削減を巡る議論の整理』, 電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー, SERC11036

- 星野優子 [2015], 『途上国におけるエネルギー価格制度改革の現状と課題』、東洋大学大学院紀要 第 51 号, (forthcoming)
- Beers, Cees Van and Andre de Moor [2001], Public Subsidies and Policy Failure – How subsidies distort the Natural environment equity and trade and how to reform them, Edward Elgar Publishing
- GIZ [2013], International Fuel Prices 2012/2013
- IEA [各年版], Energy Prices and Taxes
- IEA, OPEC, OECD and WB [2010], Analysis of the scope of energy subsidies and suggestions for the G-20 initiative, IEA, OPEC OECD, World Bank joint report, 16 June 2010
- IEA [2011], World Energy Outlook 2011
- IEA [2012], World Energy Outlook 2012
- IMF [2013], Energy Subsidy Reform: Lesson and Implications
- Koplow, Doug [2009], Measuring Energy Subsidies using the Price-Gap Approach: what does it leave out?, IISD
- Morgan, Trevor [2007], Energy Subsidies: Their Magnitude, How they Affect Energy Investment and Greenhouse Gas Emissions, and Prospects for Reform, Menecon Consulting, Final Report for Financial and Technical Support Program of UNFCCC Secretariat
- UNEP [2008], Reforming Energy Subsidies -Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda, http://www.unep.org/pdf/pressreleases/reforming_energy_subsidies.pdf

補論 価格水準の国際比較に関する留意点⁸

価格水準の比較には、市場為替レートではなく、購買力平価を用いることも考えられる。付表 2-1 は、2005 年の購買力平価の市場為替レートに対する比である。先進国では、市場為替レートが購買力平価より 1 割程度、それぞれの国の通貨を高め評価していることがわかる。これに対し、途上国では、市場為替レートが購買力平価より、2～5 倍も低めであることがわかる。したがって、先進国に関しては、換算レートの違いは国際比較の結果にそれほど大きく影響しないが、途上国に関しては、結果に大きな影響を与える。

エネルギー源別にみると、原油は世界最大の取引量を誇る国際商品であり、石油製品もまた、多くの国際商品市場に上場される国際商品であることから、市場為替レートを用いることが適切であろう。仮に、購買力平価で評価した場合には、本来であれば国際価格とほとんど価格差がないはずの本体価格の部分についても、各国の一般物価水準によって変わることになる。他方、電力や天然ガス価格については、輸送インフラや電力システム関連で、石油製品に比べて国内物価に影響される度合いも大きいため、購買力平価で評価する意義もあると考えられる。

しかしここでは、(1)先進国および石油価格についての影響は少ない、(2)石油、天然ガス、電力価格の間の関係を考察するためには、共通の換算レートを用いる必要がある、(3)カーボンリーケージ（エネルギー価格が産業の国際移転へ与える影響）の視点から企業の投資行動を考える場合には、市場為替レートでコスト評価するほうが実態に合う、(4)購買力平価は推計値であり、途上国の統計の信頼性は低い、(5)エネルギー補助金の推計にあたっては、市場為替レートで換算したリファレンス価格を参照している、などの理由から、換算レートとしては、市場為替レートを用いた。しかし、いずれの場合も、途上国の価格水準については、幅を持って考察することが必要であろう。

付表 2-1 購買力平価／市場為替レート（2005 年）

日本	カナダ	フランス	ドイツ	イタリア	イギリス	中国	インド	ロシア	ブラジル
1.13	1.03	1.15	1.15	1.05	1.10	0.25	0.21	0.49	0.51

出所)購買力平価、市場為替レート:World Bank, "World Development Indicators"より。

補論参考文献

星野優子, 杉山大志, 上野貴弘 [2009], 『エネルギー価格の国際比較—地球温暖化防止政策の視点から—』, 電力中央研究所研究報告 Y08027
World Bank [各年版], World Development Indicators

⁸本補論の内容は星野他 [2009] に基づく。

第3章 エネルギー需要関数の実証分析に関する先行研究の整理と課題

内容

- 1 はじめに
- 2 エネルギー需要の特徴とエネルギー需要関数の導出
 - 2.1 エネルギー需要の特徴
 - 2.2 エネルギー需要関数の導出
- 3 政策効果とエネルギー需要の価格弾力性
- 4 価格弾力性の推定に関する先行研究の整理
 - 4.1 Bohi による整理
 - 4.2 OECD による整理
 - 4.3 時間とともに変化する価格弾力性
 - 4.4 途上国の価格弾力性に関する先行研究の整理
- 5 価格弾力性の推定に関する課題
 - 5.1 モデル、データのタイプ、推定方法による違い
 - 5.2 推定結果に影響を与える要因 – 価格に対する反応の非対称性
 - 5.3 推定結果に影響を与える要因 – 需要トレンドの非線形性
- 6 まとめと考察

参考文献

1 はじめに

前章では、途上国でエネルギー需要が急増する背景には、燃料補助金などによって、国内のエネルギー価格が安価に抑えられている現状があることを確認した。

途上国のエネルギー需要は、先進国と比べて、価格には影響を受けにくいと考えられてきたが、データの制約などから十分な実証研究は行われていない。本論文では、エネルギー価格の変化に対する需要の感応度に着目した実証分析を通して、途上国におけるエネルギー価格の適正化（引き上げ）による、需要の抑制効果について考えることが目的である。

実証分析を行うのに先立って、本章では、非エネルギー財との対比からエネルギーの特徴を示し、実証分析に用いるエネルギー需要関数を導出する。そのうえで、エネルギー価

格変化に対する需要の感応度に関する実証研究の代表的レビューである、Bohi, Zimmerman [1984]、OECD [2001]に加え、特に長期の感応度に関するレビューである星野 [2010]の他、途上国を対象とした先行研究から得られる知見を整理し、実証分析を行うにあたっての課題を明らかにする。

2 エネルギー需要の特徴とエネルギー需要関数の導出

2.1 エネルギー需要の特徴

Nordhaus [1977] では、エネルギー需要の経済分析で直面する課題として、1)所得変化やエネルギーの相対価格変化に対して、エネルギー需要の中長期的な反応はどのようなものか。2)石油危機のような短期的ショックに対する調整は、どのような時間スケールで進むのか。3)そもそもエネルギー需要を、通常の経済財とみなして分析することはできるのか、などをあげている。エネルギー財が、他の財と比較して特徴的な点として、次の2点があげられる。

まず1点目は、エネルギー需要が、エネルギーそのものではなく、そこから得られる温かさや明るさや利便性などのエネルギーサービスに対する需要であるという点である。例えば、ある工場で、作業場の照度を500ルクスに保つために400Wの電力を使用している場合を考える。この場合に必要なものは、電力ではなく照度である。仮にこの作業場の照明を水銀灯からLED照明に替えることで使用電力を100W以下に抑えられれば、照度は変わらなくても電力消費は4分の1以下にすることが可能である。

2点目は、価格の予見性と変化幅である。世界の一次エネルギー需要の8割は、石油、石炭、天然ガスといった化石燃料で賄われている。化石燃料は枯渇性資源であることから、長期的な価格動向は、需要だけではなく、サプライチェーン側の技術の不確実性にも大きく影響される。また、化石燃料輸入国にとってのエネルギー価格は、国内のエネルギー財の生産性とは無関係な、地政学要因やグローバルな需給で決まる外生変数であり、価格変化は予見不可能で変化幅も大きい。エネルギー財は、こうした特徴を持つことから、その需要を考えるうえでは、1)エネルギーサービス側の機器を含めた、技術の進歩や普及をどのように捉えるか、2)エネルギー価格変化に対する需要の反応をどのように捉えるか、が重要であるといえる。

2.2 エネルギー需要関数の導出

エネルギーは、家庭やオフィスにおいては、消費財としての側面を持つ一方、工場においては、熱や動力といった生産財としての側面を持つ。生産財としてのエネルギー需要関数を考える場合、資本、労働、中間財、エネルギーを投入要素とする生産関数をもとに、費用最小化の条件から、その他の資本、労働、中間財需要関数と同様に、要素需要としての

需要関数を導出することができる。

今、均衡状態における産業部門の生産関数を以下の (3-1) 式で表し、 Q は生産規模、 X は非エネルギー財投入、 E はエネルギー投入とする。

$$Q = AX^\delta E^\theta \quad (3-1)$$

非エネルギー財価格をニューメレールとして、 p_e をエネルギー財価格とすると、産業部門での費用最小化条件から非エネルギー財、エネルギーの各要素需要を求めることができる。すなわち、以下(3-2)式を X 、 E 、 λ で偏微分して 0 とおくと (3-3) ~ (3-5) 式を得る。

$$L = X + p_e E + \lambda(Q - AX^\delta E^\theta) \quad (3-2)$$

$$\partial L / \partial X = 1 - \lambda \delta AX^{\delta-1} E^\theta = 0 \quad (3-3)$$

$$\partial L / \partial E = p_e - \lambda \theta AX^\delta E^{\theta-1} = 0 \quad (3-4)$$

$$\partial L / \partial \lambda = Q - AX^\delta E^\theta = 0 \quad (3-5)$$

(3-1)、(3-3) より $X = \lambda \delta Q$ 、(3-1)、(3-4) より $Q = p_e E \lambda^{-1} \theta^{-1}$ 、これをまとめると、 $X = \delta \theta^{-1} p_e E$ 、これを (3-1) 式に代入して整理すると次式を得る。

$$Q = A(\delta \theta^{-1} p_e E)^\delta E^\theta$$

上式より E は次の (3-6) 式で表される。

$$E = A^{\frac{-1}{\delta+\theta}} \delta^{\frac{-\delta}{\delta+\theta}} \theta^{\frac{\delta}{\delta+\theta}} Q^{\frac{1}{\theta+\delta}} p_e^{\frac{-\delta}{\theta+\delta}} \quad (3-6)$$

(3-6) 式の両辺の対数をとって、第 1~3 項目を τ 、 p_e を p とおいて、時間 t の関数とすると、以下の式を得る。

$$\ln E_t = \tau_t + 1/(\delta + \theta) \ln Q_t - \delta/(\delta + \theta) \ln p_t \quad (3-7)$$

先に述べたとおり、(3-1) 式は均衡状態における生産関数であるため、そこから導出された(3-7)式も均衡状態におけるエネルギー需要関数である。そこで以下の実証分析では、この均衡状態に至る調整過程のダイナミズムを考慮して (3-7) 式を拡張する。本来、この拡

張したモデルは、(3-6)式の動学化から導かれるべきであるが、ここでは簡単のために、(3-7)式の E_t が、最もシンプルな1次のAR過程¹に従うと想定して拡張する²。 χ_t は、この簡単化のために生じうる誤差である。 $0 \leq \gamma < 1$ とする。

$$\ln E_t = \tau_t + 1/(\delta + \theta) \ln Q_t - \delta/(\delta + \theta) \ln p_t + \gamma \ln E_{t-1} + \chi_t \quad (3-8)$$

ここで改めて、 $\mu_t = \tau_t + \chi_t$ とおいて(3-8)式を書き直すと次式を得る。

$$\ln E_t = \mu_t + 1/(\delta + \theta) \ln Q_t - \delta/(\delta + \theta) \ln p_t + \gamma \ln E_{t-1} \quad (3-9)$$

ここで、(3-1)式的前提(均衡状態の下での生産関数)より、 $\lim_{t \rightarrow \infty} E_t$ 、 $\lim_{t \rightarrow \infty} Q_t$ 、 $\lim_{t \rightarrow \infty} p_t$ が存在するので、長期均衡状態での各変数の値をそれぞれ、 $E_t = \bar{E}$ 、 $\mu_t = \bar{\mu}$ 、 $Q_t = \bar{Q}$ 、 $p_t = \bar{p}$ と置くと、(3-9)式は以下のように書き改められる。

$$\ln \bar{E} = \bar{\mu} + 1/(\delta + \theta) \ln \bar{Q} - \delta/(\delta + \theta) \ln \bar{p} + \gamma \ln \bar{E} \quad (3-10)$$

これを整理すると、以下の(3-11)式を得る。

$$\ln \bar{E} = \frac{1}{(1-\gamma)} \bar{\mu} + \frac{1}{(1-\gamma)} \ln \bar{Q} - \frac{\delta}{(1-\gamma)} \ln \bar{p} \quad (3-11)$$

従って、(3-11)式の $\bar{\mu}$ 、 $\ln \bar{Q}$ 、 $\ln \bar{p}$ のパラメータは、調整過程のダイナミズムを考慮して推定したときの長期のパラメータに相当することがわかる。

ここで改めて、 $1/(\delta + \theta) = \alpha$ 、 $-\delta/(\delta + \theta) = \beta$ と置くと、(3-9)、(3-11)式は、以下の(3-12)、(3-13)式に書き直すことができる。

$$\ln E_t = \mu_t + \alpha \ln Q_t + \beta \ln p_t + \gamma \ln E_{t-1} \quad (3-12)$$

¹ある時系列 y_1, y_2, \dots, y_t が与えられたとき、この時系列を表現する自己回帰(AR)モデル (AR) は以下のように表すことができる。

$$y_t = \sum_{i=1}^m a_i y_{t-i} + v_t$$

ここで m は自己回帰項の次数で、ここでは $m=1$ とする。 a_i は、自己回帰係数、 v_t は、平均0分散 σ^2 のホワイトノイズである。

²動学的特定化に関して、最も一般的な分布ラグモデルはADL (Auto-regressive Distributed Lag) モデルであるが (Cuddington and Dagher [2015])、途上国を対象とした分析では十分な時系列データが得られないことなどから、ここではADLモデルを単純化したAR1モデルを用いている。

$$\ln \bar{E} = \frac{1}{(1-\gamma)} \bar{\mu} + \frac{\alpha}{(1-\gamma)} \ln \bar{Q} + \frac{\beta}{(1-\gamma)} \ln \bar{p} \quad (3-13)$$

ここで、短期価格弾力性は β で、長期価格弾力性は $\beta/(1-\gamma)$ で求められる。ただし $\gamma=0$ の場合には、長期価格弾力性は β となる。定義から明らかなように、「長期価格弾力性」とは、動学的な調整を経た均衡状態での価格弾力性を意味する。

同様に、 α は短期生産弾力性、 $\alpha/(1-\gamma)$ は長期生産弾力性に相当する。ただし $\gamma=0$ の場合には、長期生産弾力性は α となる。定義から明らかなように、「長期生産弾力性」とは、動学的な調整を経た均衡状態での生産弾力性を意味する。

(3-12)式の第1項目は、(3-6)式の第1～3項目および、(3-8)式の第5項目からなる。このうち(3-6)式の第1項目は、各要素投入に対して中立的なトレンドの変化を示すのに対し、エネルギー財、非エネルギー財の投入シェアである δ, θ に関する(3-6)式の第2、第3項目は、各要素の投入シェアの変化による影響を示している。例えば、(3-1)式より、仮に非エネルギー財の投入シェア δ が大きい場合には、エネルギー節約的な生産方式であることを意味している。以上より、(3-12)式の μ_t は、様々な要因の変化を含むトレンドであることがわかる。

3 政策効果とエネルギー需要の価格弾力性

エネルギー需要を抑えるために、エネルギー価格の上昇を誘導する場合の政策効果は、価格の上昇幅に加えて、価格弾力性の大きさに依存する。以下では、エネルギー需要の価格弾力性の大きさと、政策効果の関係について、確認する。 t 期のエネルギー需要を E_t 、エネルギー価格を p_t としたときの、エネルギー需要の短期価格弾力性 ϵ_s は、以下のように定義され、(3-12)式を $\ln p_t$ で偏微分して求められる β と一致する。

$$\epsilon_s = \frac{\partial \ln E_t}{\partial \ln p_t} = \frac{\frac{\Delta E_t}{E_t}}{\frac{\Delta p_t}{p_t}} \quad (3-14)$$

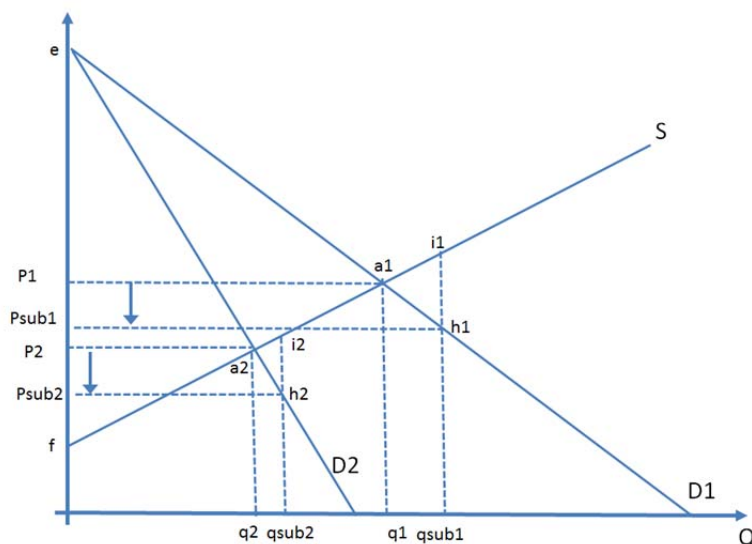
同様に、エネルギー需要の長期価格弾力性 ϵ_L は、以下のように定義され、(3-13)式を $\ln \bar{p}$ で偏微分して求められる $\beta/(1-\gamma)$ と一致する。

$$\epsilon_L = \frac{\partial \ln \bar{E}}{\partial \ln \bar{p}} = \frac{\frac{\Delta \bar{E}}{\bar{E}}}{\frac{\Delta \bar{p}}{\bar{p}}}$$

(3-15)

ϵ_S 、 ϵ_L は、エネルギー価格が1%変化したときに、エネルギー需要が短期、あるいは長期均衡状態で何%変化するかを示す値に相当し、エネルギー価格による需要への影響を測るパラメータとして広く参照されている。

次の図3-1は、図2-6を用いて、需要曲線の傾きと消費者補助金による総余剰への影響を見たものである。需要曲線D1の傾きが緩やかな場合、すなわち需要の価格弾力性が大きい場合には、消費者補助金によって価格が p_1 から、 p_{sub1} に低下することによる総余剰の減少は $\Delta h_1 i_1 a_1$ であるのに対して、需要曲線D2の傾きが急な場合、すなわち需要の価格弾力性が小さい場合には、消費者補助金によって価格が p_2 から、 p_{sub2} に低下することによる総余剰の減少は $\Delta h_2 i_2 a_2$ となる。図から明らかなように、 $\Delta h_1 i_1 a_1 > \Delta h_2 i_2 a_2$ であることから、需要の価格弾力性が大きいほど、消費者補助金が存在することによる総余剰の減少が大きいことが確認できる。従って、理論的には、価格弾力性が大きいほど、補助金の削減による総余剰の増加を期待することができる。



注) 需要曲線の傾きが緩やかな(需要の価格弾力性が大きい)場合には、消費者補助金が存在することによる総余剰の減少が大きい。

図3-1 需要曲線の傾きと消費者補助金による総余剰への影響

4 価格弾力性の推定に関する先行研究の整理³

4.1 Bohi による整理

エネルギー需要の価格弾力性の値については、数多くのレビューが行われてきた。比較的初期の代表的なレビュー論文としては、Bohi 他 [1984] がある。2度の石油危機後に数多くまとめられた文献のうち、レビュー対象を、米国のエネルギー源別（電力、天然ガス、燃料油、ガソリン）の実証研究に絞ることで、コンセンサス値を得ようとしている。表 3-1 は、レビュー結果からコンセンサス値をまとめたもので、家庭部門の電力、天然ガスでは、それぞれ短期の価格弾力性は-0.2で、長期の価格弾力性は-0.7、-0.3であった。運輸部門のガソリン需要の短期価格弾力性は-0.2、長期価格弾力性は-1.0以上とまとめているが、業務、産業部門でのコンセンサス値を得ることはできていない。

表 3-1 Bohi and Zimmerman [1984] の Table12 より

	電力	天然ガス	燃料油	ガソリン
	短期／長期	短期／長期	短期／長期	短期／長期
家庭部門	-0.2/-0.7	-0.2/-0.3	不明	—
業務部門	不明	不明	不明	—
産業部門	不明	不明	不明	—
運輸部門	—	—	—	-0.2/>-1.00

次の表 3-2 は、同じく Bohi 他 [1984] のレビューから、家庭部門に関する結果を整理したものである。一部を除けば、いずれも第一次石油危機を含むほぼ同時期の米国を対象とした分析であるが、データのタイプ（時系列データ、クロスセクションデータ、プーリングデータ）やトレンドの有無によって異なる推定結果が得られていることがわかる。

³ 本節の内容は、星野 [2010] に基づく。

表 3-2 Bohi 他 [1984]より家庭部門の価格弾力性（長期）のレビュー

エネルギー種別	価格弾力性	推定期間; データタイプ	著者(年)
家庭部門 電力	-0.4	1971-75; T	Uri (1978)
	-0.3	1975; C	Wills (1981)
	-1.5	1978-79; C	Garbacz (1982)
	-0.7	1978-79; C	Hirst et al (1982)
	-1.4	1978-79; C	Garbacz (1983)
	-1.9	1967-77; P	Beierlein et al (1981)
	-0.6	1969-78; P	Maddigan et al (1983)
	-1.4	1964-76; P	Houthakker (1979)
	-1.1	1960-75; P	Blattenberger et al (1983)
暖房油	-0.7	1964-74; P	Blattenberger et al (1983)
天然ガス	-2.8	1967-77; P	Beierlein et al (1981)
	-0.3	1961-70; P	Blattenberger et al (1983)
	-0.6	1971-76; P トレンドなし	Blosh(1980)
	-0.2	1971-76; P トレンドあり	Blosh(1980)
ガソリン	-1.59	1963-77; P	Kwast (1980)
	-0.76	1970-78; P	Dahl (1982)
	-0.33	1969-76; T	Reza & Spiro (1979)
	-0.74	1972; C	Wheaton (1982)

注) T: 時系列データ、C: クロスセクションデータ、P: プーリングデータ

4.2 OECD による整理

OECD [2001] は、環境税の導入によるエネルギー起源の CO₂ 排出量の削減効果を検討するために、主要加盟国を対象にエネルギー需要の価格弾力性に関する実証研究のレビューを行っている。表 3-3~3-5 は、OECD のまとめた価格弾力性のレビュー結果である。

表 3-3 家庭部門の価格弾力性 (OECD [2001] の Table 2. より引用)

		短期	長期	不明
プーリング	ミクロ	-0.4333(ノルウェイ) -0.2(米国)	-0.442(ノルウェイ)	
	マクロ	-0.158~-0.184 (米国)	-0.263~-0.329 (米国)	
クロスセクション	ミクロ	-0.4~-1.1 (ノルウェイ)	0.3~-1.1 (ノルウェイ)	
	マクロ			-1.42 53カ国
時系列	マクロ	-0.25(米国)	-0.5(米国)	
		-0.62(米国)	-0.6(米国)	
メタ分析&サーベイ		-0.05~-0.9	-0.2~-4.6	-0.05~-0.12 (4文献)

出所 Branch [1993], Chang and Hsing [1991], Greening他 [1998], Halvorsen and Larsen [1999], Maddala他 [1997]
Rothman他 [1994], Silk and Joutz [1997]

表 3-4 ガソリンの価格弾力性(OECD [2001] の Table 3. より引用)

		短期	長期	不明
プーリング	ミクロ	-0.77~-0.88(米国)	-0.30~-0.39(米国)	
	マクロ	-0.15~-0.38(OECD)	-1.05~-1.4(OECD)	
		-0.15(欧州)	-1.24(欧州)	
		-0.55~-0.9(OECDの18国)		
		-0.6(メキシコ)	-1.25~-1.13(メキシコ)	
クロスセクション	ミクロ	-0.51(米国)		
		0~-0.67(米国)		
	マクロ	平均-1.07(-0.77~-1.34)		
		OECD		
時系列	ミクロ			
	マクロ	-0.12~-0.17(米国)	-0.23~-0.35(米国)	
メタ分析 & サーベイ		平均-0.26(0~-1.36)	平均-0.58(0~-2.72)	平均-0.53(0.02~-1.59)
		(世界)	(世界)	(米国)
		平均-0.27(時系列)	平均-0.71(時系列)	平均-0.53(時系列)
		平均-0.28(時系列)	平均-0.84(時系列)	平均-0.18(時系列)
		-0.26	-0.86	-0.53(パネル)
			-0.1~-0.3(22推計例)	

出所 Baltagi and Griffin [1983], Dahl and Sterner [1991], Eskeland and Feyzioglu [1997], Espey [1998], Espey [1997], Goodwin [1992], Greening他 [1995], Greening and Greene [1998], Haughton and Soumodip [1996], Puller and Greening [1999], Sterner [1990], Sterner [1991], Walls他 [1993]

表 3-5 輸送形態別の価格弾力性(OECD [2001] の Table 4. より引用)

	短期	長期	不明
自動車用			
都市部交通用	-0.09~-0.24	-0.22~-0.31	-0.13~-0.52
時系列			-0.01~-1.32
クロスセクション			-0.05~-0.34
プーリングデータ			-0.06~-0.44
	時系列	クロスセクション	
航空用			
観光	-0.4~-1.98	-1.52	
商用	-0.65	-1.15	
その他	-0.36~-1.81	-0.76~-4.51	
鉄道用			
観光	-0.67~-1.00	-0.65	
その他	-0.37~-1.54	-0.65	

出所 Oum他 [1992]

Bohi 他 [1984] と同様に、データのタイプごとに推定結果を整理している。OECD 平均のガソリン需要の価格弾力性は、-0.2~-1.4 と、Bohi 他 [1984]の整理と似通った結果を得ている。

OECD [2001] は、これらのレビュー結果から、需要関数の全形状を知ることは不可能であり、価格弾力性をひとつに決めることはできないことから、幅を持って捉えるべきであると指摘している。さらに価格弾力性を、環境税など政策の実効性を考えるうえで参照するときに、留意すべき限界として、以下の4点を挙げている。

- 価格弾力性を需要曲線の接線の傾きと考えるならば、同一の需要曲線上であっても、価格水準や価格変化の大きさによって弾力性が異なる性質を本来的に持つものである。
- 価格弾力性の大きさは、推定期間によって異なることから、価格上昇時と下降時とで異

なる可能性がある。この例を図3-2に示した。

- c) 消費者が、価格変化を短期的なものか、長期的なものか捉えるかで、価格変化に対する消費者の反応を異なる。一般に、消費者は、増税による価格上昇は、需給変化による価格上昇よりも、より長期的変化と捉えやすい。
- d) 環境税による影響は、課税されたエネルギー需要への影響だけではなく、実質可処分所得の変化や消費パターンの変化といった間接的影響をももたらす。こうした影響については、一般均衡モデルの枠組みによる分析が有用である。

以下の図3-2は、上であげたb)の例である。Haas and Schipper [1998]による、先進国の家庭用エネルギー需要の価格弾力性の推定結果を、2度の石油危機前後の期間である1970~1982/1985年と、石油危機以降の価格低下期までを含む1970~1993年の2つの期間別に比較すると、推定期間によって推定結果が異なることを確認できる。特に、スウェーデン以外の国では、上昇期に相当する石油危機前後のサンプルで推定したほうが、原油価格の下落時を含む1970-1995年間のサンプルで推定するよりも、価格弾力性は大きな値になっている。

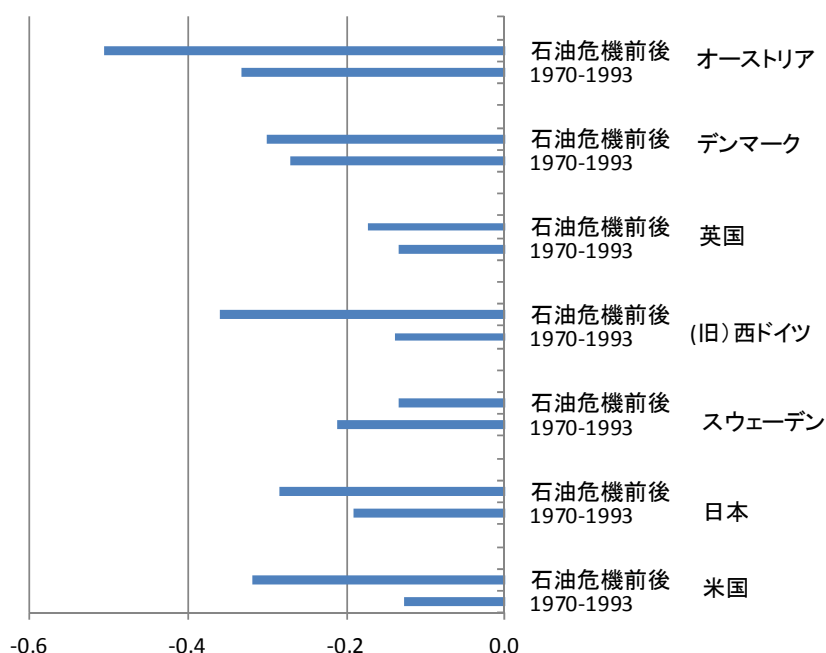


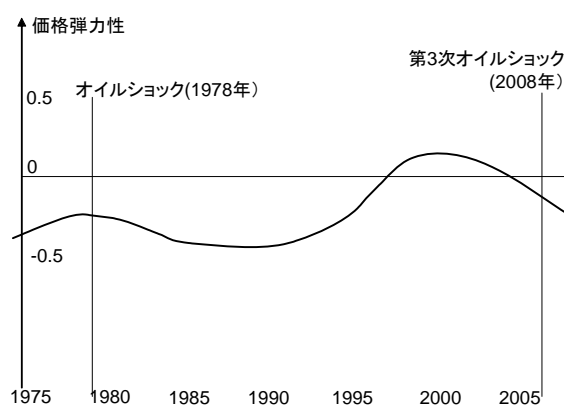
図3-2 推定期間の違いによって価格弾力性の推定結果が異なる例
Haas and Schipper [1998] より作成

4.3 時間とともに変化する価格弾力性

先に見た OECD [2001] の指摘、Haas 他 [1998] の例にあるように、推定期間によって価格弾力性の推定結果が異なるという観察結果に対応するために、価格弾力性を、経時的に変化する時変パラメータとして推定することも試みられている。例えば最近の研究には、Neto [2011] がある。それによれば、スイスのガソリン需要の長期価格弾力性を共和分モデルで時変パラメータとして推定した結果、価格弾力性は、1980年代後半から1990年代初頭にかけて拡大するが、その後2000年にかけて縮小し、一時プラスの値となる。しかし2000年を境に再び価格弾力性はマイナス値となり拡大傾向に転じる(図3-3)。

1980年代後半以降の価格弾力性の拡大要因について Neto [2011] は、石油危機後のディーゼル車の普及や、都市部の公共交通網の発達などにより、価格に弾力的に反応できる環境が整ったことを理由にあげている。また、2000年代以降の価格弾力性の拡大は、人々の環境意識の高まりを反映したものであると考察している。

しかし、ディーゼル車の普及や都市部の公共交通網整備の効果は、通常であれば1990年代後半以降も持続していると考えられるため、この説明では、1990年代後半以降に価格弾力性が縮小した理由を説明することはできない。また、2000年代以降の価格弾力性の拡大要因を、人々の環境意識の高まりと考えることは難しい。なぜなら、価格弾力性が大きいということは、仮に価格が低下した場合には、ガソリン需要の増加もより大きくなるが、このことを環境意識が高いとは言わないからである。



注 Neto [2011] Fig4(e)を元に作成。コメントは原文より出所) 星野 [2013]の図1より引用

図3-3 時変の価格弾力性の推計例(Neto [2011])
—スイスのガソリン需要の長期価格弾力性—

4.4 途上国の価格弾力性に関する先行研究の整理

表3-6は、代表的なエネルギーモデルで想定されているエネルギー需要の価格弾力性の値である。Mann 他 [1995], Mori [2000] では、先進国が-0.4に対して、途上国は-0.3と、より小さな値を想定していることがわかる。このように、途上国のエネルギー需要は、先進国に比べて価格に非弾力的であるという言説がある。しかし、途上国の価格弾力性に関する先行研究は、データの制約などの理由から十分ではない。

表3-7は、途上国のエネルギー需要の価格弾力性の推定例をあげたもので、途上国におけるエネルギー需要の価格弾力性の推定の難しさがわかる。

例えば、Pesaran, Smith and Akiyama [1998] からは、部門や国によって推定結果に大きな幅

表3-6 代表的なエネルギーモデルで想定されている長期価格弾力性

モデル名	価格弾力性	出典
MiniCAM	-0.7	Edmonds et al.(1995)
EPPA	-0.4	Paltsev et al.(2005)
ER	-0.4	Edmonds and Reilly(1985)
MERGE	-0.4 USA, OECD -0.3 その他諸国	Mann et al.(1995)
MARIA	-0.4 先進国 -0.3 途上国	Mori(2000)
MARKAL	-0.3	Rafaj(2007)
SGM	-0.1	Brenkert et al.(2004)

出所) Webster他 [2008] の表1, Mori [2000], Rafaj他 [2007] より作成された星野 [2010] の表6より引用

表3-7 途上国のエネルギー需要の価格弾力性の推計例

	エネルギー計	運輸部門	家庭部門	推計期間	出典	長期・短期
バングラデシュ	0.04	0.00	-0.04	1973-1990	Pesaran他(1998)	長期価格弾力性
インド	-0.07	-0.03	-0.01			
インドネシア	-0.49	-0.32	-0.57			
韓国	-0.14	-0.20	0.20			
マレーシア	-1.16	-1.75	-0.29			
パキスタン	0.05	0.17	-0.33			
フィリピン	-0.43	-1.32	-0.35			
スリランカ	0.06	0.10	-0.36			
台湾	-0.13	-0.01	-0.19			
タイ	-0.34	-0.38	-0.11			
平均	-0.26	-0.38	-0.14			
サウジアラビア	-0.24	-	-	1970-1980年代	Ibrahim and Hurst(1990)	短期価格弾力性
中国	0.29			1979-1992 改革開放前	Fan他(2007)	短期価格弾力性
	-1.24			1993-2003 経済解放後		
インド(灯油)	-0.8前後			1971-2006 農村	Gundimeda他(2008)	短期価格弾力性
	-0.2前後			1971-2006 都市部		

出所) Vita 他 [2006], Fan 他 [2007], Gundimeda 他 [2008] より作成された星野 [2013] より引用。

があることがわかる。バングラデシュ、パキスタン、スリランカなど価格弾力性がマイナスではない国も散見される。これらの国々のエネルギー価格については、IEAの統計にも掲載されていないことから、推定に必要なエネルギー価格データが十分に得られていない可能性がある。同様に Fan, Liaoa and We [2007] からは、推定期間によって価格弾力性がプラスからマイナスへと大きく変化していること、Gundimeda and Kohlin [2008] からは、一国内でも、農村部と都市部とでは大きな差があることなどを確認することができる。

さらに、途上国のエネルギー需要の価格弾力性に関しては、信頼できる価格データが十分ではないこと、特に、経済・産業構造の変革期では、エネルギー需要トレンドの影響が大きく、トレンドの除去を適切に行わなければ推定結果には大きなバイアスが生じかねないことにも注意が必要である（星野 [2011]）。途上国のエネルギー需要に関する分析のなかで、エネルギー需要トレンドの変化を考慮した分析としては、韓国とインドネシアの家庭部門のエネルギー需要を対象とした Saad [2011]、トルコの産業用電力需要を対象とした Dilaver and Hunt [2011] などがある。いずれも、エネルギー需要トレンドを、より柔軟に捉えることが可能なモデルで推定した場合、価格弾力性の値は、より小さくなることを指摘している。

5 価格弾力性の推定に関する課題

5.1 モデル、データのタイプ、推定方法による違い

ここまで、先行研究におけるエネルギー需要の価格弾力性の推定結果を整理してきたが、以降では、価格弾力性の推定に関して、どのような課題があるのかを整理したい。

星野 [2010] は、価格弾力性のなかでも、特に長期の価格弾力性に焦点をあてて、モデルやデータのタイプ、推定方法などに分けて、価格弾力性の推定値をレビューしている。

表 3-8 は、1975-2009 年までに発表されたエネルギー需要の長期価格弾力性に関する実証研究論文 33 編について、その推定結果の平均値を、モデルやデータのタイプ、トレンドの有無、文献発表時期によって部門別に整理したものである。その結果、長期価格弾力性の推定結果は、ここで整理した各項目によって、特定の傾向があることがわかる。

まず、用いているデータによって分類したモデルのタイプについてみると、時系列データよりもクロスセクションデータを用いた方が、クロスセクションデータよりもプーリングデータを用いた方が、推定結果の平均値が大きくなる。同様の指摘は、Dahl and Sterner [1991] でもされている。次に、タイムトレンドの有無についてみると、タイムトレンド項を含むより、含まない方が、推定結果の平均値は大きい。論文発表時期では、2000 年以前に公表された論文のほうが、それ以降に公表された論文よりも推定結果の平均値は大きい⁴。

⁴ 2000 年以前に公表された論文の多くは石油危機の期間を推定期間を含む。

各論文が対象としている地域・国、エネルギー種別、推定対象期間は様々であり、本来は特定の傾向を持つ理由は考えにくいことから、モデルタイプ、タイムトレンドの扱い、論文発表時期が、価格弾力性の推定結果に何らかのバイアスとして働いたと考えられる。

5.2 推定結果に影響を与える要因 — 価格に対する反応の非対称性

表 3-8 で整理した推定結果に影響を与えた可能性のある要因として、推定期間がある。推定期間の違いは、論文発表時期である程度わかると考えると、2000 年以前に公表された論文のほうが、それ以降に公表された論文よりも価格弾力性の推定値の平均は大きくなっているからである。図 3-2 で例示したように、先に見た OECD [2001]でも、価格弾力性について留意すべき点の 2 点目としてあげているのが、価格の上昇時と下降時とで、価格弾力性の推定値が異なる可能性があるという点である。これをここでは、「価格に対する反応の非対称性」と呼ぶ。

園田、佐和、永田 [1999] では、日本の家庭、業務、運輸部門を対象に、非対称性を仮定したエネルギー需要の価格弾力性を推定している。その結果、家庭部門では、価格上昇時において、業務・運輸部門では最高価格更新時において、高い価格弾力性が推定されている。非対称性が存在する理由や推定方法については、次章で詳しくとりあげたい。

Adeyemi, Broadstock, Chitnis, Hunt and Judge [2010] では、主要先進国 17 か国について、

表 3-8 価格弾力性の推計結果に影響を与える要因

	モデルタイプ				タイムトレンド		論文発表年	
	時系列データ	クロスセクションデータ	プーリングデータ	その他(ストック変数など)	含む	含まない	2000年以前	2000年以降
マクロ	ラグ構造				時系列		時系列	
	共和分				-0.32	-0.46	-0.39	-0.29
家庭用	ラグ構造				時系列		時系列	
	共和分	-1.00	-1.22		-0.22	-0.49	-0.33	-0.40
産業用	ラグ構造				プーリングデータ ^{a)}		時系列データ以外	
	共和分	-0.85	-3.26	-0.59	-0.22	-0.42	-1.11	-0.13
業務用	ラグ構造				時系列		時系列	
	共和分	-0.45	-0.85	-3.26	-0.20	-0.48	-0.46	-0.26
業務用	ラグ構造				時系列データ以外		時系列データ以外	
	共和分	-0.26	-1.36	-3.78	-0.60	-1.65	-2.46	-0.59
運輸用	ラグ構造				プーリングデータ ^{b)}		時系列データ以外	
	共和分	-0.45	-0.74	-0.74	-0.11	-0.28	-2.69	-1.39
運輸用	ラグ構造 ^{c)}				時系列		時系列	
	共和分	-0.45	-0.74	-0.74	-0.13	-0.54	-0.54	-0.28
							時系列データ以外	
							-0.74	

注) 星野 [2010] を再整理して作成した。

1960～2006年の推定期間を対象に、エネルギー需要の価格に対する反応の非対称性を考慮する必要がない、エネルギー需要トレンドの非線形性を考慮する必要がない、という帰無仮説について、国別に仮説検定を行った。その結果、日本を含む多くの国において両仮説は棄却され、エネルギー価格に対する反応の非対称性と、エネルギー需要トレンドの非対称性の2つの要因を考慮した推定が必要であるという結論を得ている。そこで、次に、エネルギー需要トレンドの非線形性について整理する。

5.3 推定結果に影響を与える要因 — 需要トレンドの非線形性

エネルギー需要関数の推定にあたっては、所得や価格以外の要因をどのように捉えるかが、価格弾力性の推定結果にも影響を与えることが指摘されている(Adeyemi 他 [2010])。所得、価格以外の要因を考慮した推定を試みているのが永田 [1995] で、それら要因をシフト変数によって捉えていることが特徴である。例えば家庭部門では、ライフスタイルの変化を機器の普及率や女子労働力率といった変数で、産業部門では、エネルギー効率向上をタイムトレンドで捉えている。しかし、所得や価格以外の様々な要因を、限られた数のシフト変数で捉えることには限界がある。また、エネルギー効率向上が必ずしも線形のタイムトレンドで捉えられるとは限らない。

表3-8でみたように、タイムトレンドの有無など、エネルギー需要に特有のトレンドをどのように扱うかによって推定結果が異なりうることは、多くの文献において指摘されてきた。Boone, Hall, Kenball-Cool and Snith [1995] のOECD諸国のエネルギー需要関数の推定結果によれば、技術変化を考慮することで、長期価格弾力性は、より低めに推定されることを指摘している。同じくHunt 他 [2003]でも、カルマンフィルターモデルで推定した非線形のトレンド(UEDT: Underlying Energy Demand Trend)を、技術変化以外の要因も含むトレンドとして需要関数の説明変数に用いている。その結果、トレンドを考慮するモデルでは、考慮しないモデルに比べて、長期価格弾力性は低く推定される傾向にあることが確認されている。これらは表3-8で整理した結果とも整合的である。

Hunt, Judge and Ninomiya [2005] では、1888年から2001年の超長期のデータを用いて、日本のマクロの一次エネルギー需要関数を推定している。こうした長期にわたる期間では、エネルギー需要に影響を及ぼす要因は、エネルギー効率向上以外にも、人口、産業構造、ライフスタイル変化など様々なものが考えられる。そこでHunt 他 [2003], Hunt and Ninomiya [2005] の分析では、所得、価格以外の要因を、様々な要因の複合した未知の「需要トレンド」として捉えている。

以下では、この需要トレンドが、便宜的に想定されるような線形のエネルギー効率向上率では捉えにくい点を、「需要トレンドの非線形性」と呼ぶ。Hunt 他 [2003], Hunt 他 [2005] の分析では、需要トレンドの扱い方によって、価格弾力性の推定結果に違いが生じている。線形の需要トレンドを想定した場合の価格弾力性は-0.41であるが、非線形な需要トレンドを想定した場合には、-0.18と約半分になる。長期を対象とする分析では、多様な需要構造

の変化が予想されることから、この需要トレンドの非線形性を考慮することが重要となることが確認できる。

6. まとめと考察

本章では、途上国におけるエネルギー需要に対して、エネルギー価格の変化がどのような影響を与えるのかを示す値として、エネルギー需要の価格弾力性を定義した。

途上国についてのエネルギー需要の価格弾力性に関する研究は、データの制約などから、まだ十分な蓄積はなく、価格弾力性を外生的に想定する一般均衡型のエネルギーモデルでは、しばしば先験的に、先進国よりも低めの価格弾力性が想定されることがある。価格弾力性は、エネルギー価格に関する政策評価を行うにあたって、エネルギーモデルのシミュレーション結果に大きな影響を与えることから、この分野での実証研究の蓄積が重要である。

本章では、エネルギー需要の集計量がどのように決まるのか、エネルギー価格の変化に対してどのように反応するのか、を分析する枠組みとなるエネルギー需要関数、エネルギー需要の価格弾力性を定義した。その上で、先行研究において、エネルギー需要の価格弾力性がどのように推定されてきたのか、どのような課題があるのかについて整理した。その結果、エネルギー需要の価格弾力性は、推定に用いたデータのタイプ（時系列データ、クロスセクションデータ、プーリングデータなど）、モデルのタイプ（ラグ構造モデル、時系列モデルなど）、推定期間（価格上昇期、下降期など）、トレンドの有無や種類（線形のトレンド、非線形のトレンドなど）によって、推定結果が異なる可能性があることを明らかにした。

時系列データを用いたマクロ集計量の分析においては、特に、価格に対する反応の非対称性（価格上昇時と下降時で価格弾力性が異なる可能性があること）と、エネルギー需要トレンドの非線形性を考慮することが重要であることを確認した。特に価格に対する反応の非対称性については、技術変化との関連や価格転嫁の影響など重要な論点を含むことから、さらに議論を深めるため、引き続き次章で検討する。

参考文献

- 園田勝臣, 佐和隆光, 永田豊 [1999], 『エネルギー価格低迷を考慮した価格弾力性の計測』, エネルギー資源学会第18回研究発表会講演論文集, 67-72
永田豊 [1995], 『エネルギー間競争モデル』, 「中期経済社会・エネルギー展望95」第7章, 電力経済研究第35号

- 星野優子 [2010], 『需要の長期価格弾力性—政策分析に用いる場合の留意点—』, 電力中央研究所研究報告,Y09029
- 星野優子 [2011], 『日本の部門別エネルギー需要の価格弾力性の推計—非対称性と需要トレンドを考慮して—』, 電力中央研究所研究報告 Y10016
- 星野優子 [2013], 『日本の製造業業種別エネルギー需要の価格弾力性の推計—国際比較のための分析枠組みの検討—』, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.34, No.1
- Adeyemi, Olutomi I., David C. Broadstock, Mona Chitnis, Lester C. Hunt and Guy Judge [2010], Asymmetric price responses and the underlying energy demand trend: Are they substitutes or complements? Evidence from modeling OECD aggregate energy demand”, *Energy Economics*, Vol.32, 1157-1164
- Baltagi, B.H., and Griffin, J.M. [1983], Gasoline demand in the OECD: an application of pooling and testing procedures, *European Economics Review*, Vol.22, 117-137
- Bohi, Douglas R., Mary Beth Zimmerman [1984], An update on econometric studies of energy demand behavior, *Annual Review of Energy*, Vol.9, 105-154
- Boone, Laurence, Stephen Hall, David Kemball-Cool, Clare Smith [1995], “Endogenous Technological Progress in Fossil Fuel Demand”, in Barker, T., Ekins, P., Johnstone, N. (Eds), “Global Warming and Energy Demand”, Routledge, London, 191-226
- Branch, E, R.[1993], Short Run Income Elasticity of Demand for Residential Electricity Using Consumer Expenditure Survey Data, *Energy Journal*, Vol.14, 111-121
- Chang, H. S., Hsing, Y. [1991], The Demand for Residential Electricity: New Evidence on Time-Varying Elasticities, *Applied Economics*, Vol.23, 1251-56
- Cuddington, John T. and Leila Dagher, Estimating Short and Long-Run Demand Elasticities: A Primer with Energy-Sector Applications, *Energy Journal*, Vol. 36, No. 1
- Carol Dahl and Thomas Nils Samuel Sterner [1991], Analysing gasoline demand elasticities: a survey, *Energy Economics*, Vol.13, 203-210
- Dilaver. Zafer, Hunt L.C. [2011], Industrial electricity demand for Turkey: A structural time series analysis, *Energy Economics*, 33, 426-436
- Eskeland, G.S., Feyzioglu, T.N. [1997], Is demand for polluting good manageable? An econometric study of car ownership and use in Mexico, *Journal of Development Economics*, Vol.53, 423-445
- Espey. M. [1997], Explaining the variation in elasticity estimates of gasoline demand in the United States: a meta-analysis, *Energy Journal*, Vol.17, 49-60.
- Espey, M. [1998], Gasoline demand revisited: an international meta-analysis of elasticities. *Energy Economics*, Vol.20, 273-295
- Fan, Ying, Hua Liao, Yi-Ming We [2007], Can market oriented economic reforms contribute to energy efficiency improvement? Evidence from China, *Energy Policy*, Vol. 35, 2287–2295
- Goodwin, P.B. [1992], A review of new demand elasticities with special reference to short run and long run effects of price changes, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.26, 155-169
- Greening, L.A., Hann Tarn Jeng, John P Formby, David C. Cheng [1995], Use of region,

- life-cycle and role variables in the short run estimation of the demand for gasoline and miles traveled, *Applied Economics*, Vol.27, 643-656
- Greening, L.A., and Greene, D.L. [1998], Energy use, technical efficiency, and the rebound effect: A review of the literature, *Proceedings of the 21st International Association for Energy Economics*, Quebec.
- Gundimeda, HariPriya, Gunnar Kohlin [2008], Fuel demand elasticities for energy and environmental policies: Indian sample survey evidence, *Energy Economics*, Vol.30, 517-546.
- Haas, Reinhard, Lee Schipper [1998], Residential Energy Demand in OECD-countries and the roles of irreversible efficiency improvements, *Energy Economics*, Vol. 20, No.4, 421-442
- Halvorsen, B., and Larsen, B.M. [1999], Changes in the pattern of household electricity demand over time, Discussion Papers 225, Statistics Norway, Research Department
- Haughton, J., and Soumodip, S. [1996], Gasoline tax as a Corrective tax: Estimates for the United States: 1970-1991, *Energy Journal*, Vol.17, 103-126
- Hunt, Lester C., Guy Judge, Yasushi Ninomiya [2003], Underlying trends and seasonality in UK energy demand: a sectoral analysis, *Energy Economics*, Vol. 25, 93–118
- Hunt, Lester C., Yasushi Ninomiya [2005], Primary energy demand in Japan: an empirical analysis of long-term trends and future CO2 emissions, *Energy Policy*, Vol.33, 1409-1424,
- Maddala, G.S., Robert P. Trost, Hongyi Li, Frederick Joutz [1997], Estimation of short- and long-run elasticities of energy demand from panel data using shrinkage estimators, *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol.15, 90-100
- Manne, Alan, Robert Mendelsohn and Richard Richels [1995], MERGE: A model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies, *Energy Policy*, Vol. 23, 17–34
- Mori, Shunsuke [2000], The Development of Greenhouse Gas Emission Scenarios Using an Extension of MARIA Model for the Assessment of Resource and Energy Technologies, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.63, 289-311
- Neto, David [2012], Testing and Estimating Time-varying Elasticities of Swiss Gasoline Demand, *Energy Economics*, Vol. 34, 1755-1762
- Nordhaus, William D [1977], *International Studies in the Demand for Energy*, editor with contributions, North-Holland Publishing Company
- OECD [2001], *Environmentally Related Taxes in OECD Countries: Issues and Strategies*
- Oum, T.H., Waters II, W.G., Yong, J-S [1992], Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates, *Journal of transport economics and policy*, Vol.26, 139-154
- Pesaran, M.H., Smith, R., Akiyama, T [1998], *Energy Demand in Asian economies*, Oxford University Press, Oxford.
- Puller, S. L., Greening, L.A. [1999], Household Adjustment to Gasoline Price Change: An Analysis Using 9 Years of US Survey Data, *Energy Economics*, Vol.21, 37-52
- Rafaj, Peter, Socrates Kypreos [2007], Internalisation of external cost in the power generation sector:

- Analysis with Global Multi-regional MARKAL model, *Energy Policy*, Vol.35, 828-843
- Rothman, D. S., Hong, J. H., Mount, T. D. [1994], Estimating Consumer Energy Demand Using International data: Theoretical and policy implications, *Energy Journal*, Vol.15, 67-88
- Saad, Suleiman [2011], Underlying energy demand trends in South Korean and Indonesian aggregate whole economy and residential sectors, *Energy Policy*, Vol.39, 40-46
- Silk, J.I, Joutz, F.L. [1997], Short and long run elasticities in US residential electricity demand: A cointegration approach, *Energy Economics*, Vol.19, 493-513
- Sterner, T., [1990], The price of and demand for Gasoline. Swedish transport Research Board, TFB-Report, No.9
- Sterner, T., [1991], Gasoline Demand in the OECD: choice of model and data set in pooled estimation, *OPEC Review*, Vol.91, 91-101.
- Vita, G. De, K. Endresen and L.C. Hunt [2006], An empirical analysis of energy demand in Namibia, *Energy Policy*, Vol.34, 3447-3463
- Walls, M., Krupnick, A., Hood, C. [1993], Estimating the demand for vehicle-Miles-Traveled using household survey data: Results from the 1990 Nationwide Personal Transportation Survey, Resources for the Future Discussion paper ENR 93-25, Washington, D.C.
- Webster, Mort, Sergey Paltsev, John Reilly [2008], Autonomous Efficiency Improvement of Income Elasticity of Energy Demand: Does it Matter?, *Energy Economics*, Vol.30, 2785-2798

第4章 価格に対する反応の非対称性の問題

内容

- 1 はじめに
- 2 価格に対する反応の非対称性に関する実証研究の整理
- 3 価格に対する反応の非対称性が観察される要因：一般的な財の場合
 - 3.1 市場構造とメニューコストによる説明
 - 3.2 基本モデル
 - 3.2.1 階層性のないケース
 - 3.2.2 階層性があるケース（リーダー=フォロアー・モデルの場合）
 - 3.3 シミュレーション
 - 3.3.1 調達価格変動と川上企業の利潤
 - 3.3.2 メニューコストを考慮した場合
- 4 価格に対する反応の非対称性が観察される要因 — エネルギー財の場合
 - 4.1 Wirlによる整理
 - 4.2 Grubbによる整理
 - 4.3 エネルギーを含む生産要素間の代替弾力性と非対称性
 - 4.4 価格に対する反応の非対称性と技術変化
 - 4.4.1 先行研究による整理
 - 4.4.2 エネルギー価格と技術変化の関係
- 5 まとめと考察

参考文献

補論 エネルギー以外の財における非対称性の計測

1 はじめに

本論文では、途上国において低く抑えられているエネルギー価格を引き上げることによる、エネルギー需要の抑制効果について、需要の価格弾力性に着目して分析を進めている。前章では、価格弾力性の推定にあたって、価格変化の方向による需要の反応の非対称性（価

格に対する反応の非対称性) とエネルギー需要トレンドの非線形性の 2 つを考慮することが重要であることを示した。本章では、このうち、技術変化との関連や価格転嫁の影響など、エネルギー価格上昇の影響を見る上で重要となる「価格に対する反応の非対称性」について、さらに詳しく見ていきたい。

1970 年代の 2 度の石油危機とその後の価格急落期において、石油などのエネルギー財の需要が、価格上昇時と下降時とでは、価格変化に対して異なる反応をすることが観察された。原油価格は、2 度の石油ショックのあと、1986 年の OPEC の公定価格維持の事実上の放棄によって、急落を経験した。同時期の先進国の石油需要をみると、原油価格の高騰に伴って、需要のピークであった 1979 年から需要のボトムとなった 1983 年までの 4 年間に、年率平均で 3.4% 減少した。一方、その後の 1987 年までの 4 年間をみると、原油価格は実質ベースで石油危機以前の水準に戻ったにもかかわらず、需要の増加は、年率平均で 1.8% にとどまった。

同様の観察結果は、国別の実証研究や、ガソリンなど製品別の分析でも確認されたことから、エネルギー需要の価格変化に対する反応が、価格上昇時と下降時とでは異なることが認識される契機となった。こうした状況を価格弾力性の変化として捉えたのが、価格に対する反応の非対称性に関する実証研究である。1990 年前後に多くの実証研究がなされたが、近年のエネルギー資源価格の高騰によって再び注目され、新しい実証研究も行われている。本章では、1980 年代以降の議論を掘り起しながら、最近の研究にいたるまでを概観し、エネルギー需要の価格に対する反応の非対称性の問題について整理したい。そのうえで、価格に対する反応の非対称性が、どのような要因によって生じるのかについて、一般的な財を対象にした市場構造とメニューコストによる要因と、エネルギー財に特徴的な要因の 2 つを取り上げて論じる。

2 価格に対する反応の非対称性に関する実証研究の整理

以下では、価格に対する反応の非対称性がどのように推定されてきたのかについて、実証分析の結果を整理したい。第 3 章で取り上げた Haas 他 [1998] は、欧州 8 か国および日本、米国の家庭部門のエネルギー需要を対象に、3 つのアプローチで価格に対する反応の非対称性を捉える試みをしている。

1 つ目は、推定期間を、価格上昇期と価格下降期とに分けてパラメータを推定する方法である。2 つ目は、エネルギー需要関数の説明変数として、エネルギー消費原単位要因を加える方法である。3 つ目は、複数の価格変数を用いる方法である。

1 つ目のアプローチによると、石油危機を含む価格上昇期を対象にした場合のほうが、それ以降の期間を対象にした場合よりも高い値を得ることがわかった。これは、星野 [2011] を始め多くの実証研究で観察されてきた。しかし、推定期間を分割することは、十分な期間のサンプル数が得られない場合には実際的な方法ではない。

次に 2 つ目のアプローチは、エネルギー消費原単位に影響を与える技術変化の要因とし

て、エネルギー機器の保有状況や、各機器の効率変化（向上）に関する説明変数（原単位変化要因）を、加える方法である。Haas 他 [1998] は、このアプローチを用いる場合には、原単位変化要因が高い説明力を持つ一方で、非対称性を仮定しない価格変数は説明力を失うことを確認している。ただしこの方法では、エネルギー機器の保有状況や効率変化に関する長期間の時系列データが必要となるため、途上国を含む国際比較分析には実際的な方法ではない。

そこで以下では、3つ目のアプローチである、複数の価格変数を用いる方法に絞って、先行研究の整理を行う。複数の価格変数を用いる方法としては、Dargay [1992] が、英国の最終エネルギー消費と石油需要を対象に、1960-1988年間のデータを用いて、価格上昇時、下降時の累積価格 p^+ 、 p^- 、最大価格更新時の価格 p^m の3種類の変数を加えた実証分析を行っている。ここで p^+ 、 p^- 、 p^m は次のように定義されている。

$$p^+(t) = \sum_{s=1}^t \{p(s) - p(s-1)\}, \text{ for } p(s) > p(s-1) \quad (4-1)$$

$$p^-(t) = \sum_{s=1}^t \{p(s) - p(s-1)\}, \text{ for } p(s) < p(s-1) \quad (4-2)$$

$$p^m(0) = p(0) \quad (4-3)$$

$$p^m(t) = p(t), \text{ if } p(t) > p(t-1) \quad (4-4)$$

$$p^m(t) = p^m(t-1), \text{ otherwise} \quad (4-5)$$

分析の結果、価格の上昇、下降の各局面において対称な反応を仮定したモデルと、非対称な反応を仮定したモデルを比較すると、後者の方が、統計的説明力、理論的整合性ともに、優れたパラメータを推定できることを確認している。

Gately [1993] は、1960-88年の日本と米国の運輸部門と非運輸部門の石油需要を対象に、以下の(4-6)～(4-9)式からなるモデル分析を行っている。ここで、 p_t^{max} は過去最大価格、 p_t^{sub} はそれ以外の上昇時の累積価格、 p_t^{cut} は下降時の累積価格である。Gately [1993] は、石油危機時に見られた需要への影響について、石油危機以降の価格急落時にも同程度の影響がみられたのかを検証し、価格に対する反応に非対称性があることを確認している。また、対象国を先進国／途上国という区別だけでなく、産油国か否か、経済成長を続けているか否かなどに分けて検証した結果から、国によって結果には大きな幅がある可能性も指摘している。

$$p_t = p_t^{max} + p_t^{cut} + p_t^{sub} \quad (4-6)$$

$$p_t^{max} = \max(p_0, \dots, p_t) \quad (4-7)$$

$$p_t^{cut} = \sum_{i=0}^t \min\{0, (p_{i-1}^{max} - p_{i-1}) - (p_i^{max} - p_i)\} \quad (4-8)$$

$$p_t^{sub} = \sum_{i=0}^t \max\{0, (p_{i-1}^{max} - p_{i-1}) - (p_i^{max} - p_i)\} \quad (4-9)$$

先に挙げた Haas 他 [1998] は、3つ目のアプローチとして、Gately [1993] のモデルを元に定式化した、以下のモデルを用いている。

$$p_t^{max} = \max\{p_0, p_1, \dots, p_t\} \quad (4-10)$$

$$p_t^{sub} = \prod_{i=0}^t \max\{1, (p_{i-1}^{max}/p_{i-1})/(p_i^{max}/p_i)\} \quad (4-11)$$

$$p_t^{cut} = \prod_{i=0}^t \min\{1, (p_{i-1}^{max}/p_{i-1})/(p_i^{max}/p_i)\} \quad (4-12)$$

分析の結果、最高価格更新時、それ以外の上昇時の累積価格が説明力を持つのに対し、価格下降時の累積価格は説明力を持たないという結果を得ている。このことから Haas 他 [1998] は、エネルギー価格下降時の省エネのリバウンドは小さく、価格引き上げによる省エネの誘導は有効である、という考察を行っている。

Gately and Huntington [2002] では、Haas 他 [1998] の価格変数の分割モデルを所得変数にも用いて、価格だけでなく所得の変化に対しても非対称な反応を仮定した分析を行っている。96か国のエネルギー需要、石油需要を対象に分析した結果、価格については、(1) 特にOECD諸国において、価格上昇時のほうが下降時よりも影響が大きい。(2) 価格変化に対する需要の調整スピードは、所得変化に対する需要の調整スピードよりも遅い。という結果を得ている。

Sentenac-Chemin [2012] は、米国とインドの乗用車用ガソリン需要について、1978～2005年の期間を対象に、共和分モデルを用いた需要関数の推定を行っている。その結果、米国では、価格上昇時には価格に反応するが、下降時には価格に反応をしないという結果を得ている。Sentenac-Chemin [2012] は、この結果について、CAFÉ¹の導入や価格上昇によって誘発された技術変化によるガソリン需要の削減効果が、価格下落時にも持続する不可逆性を持つためである、という考察を行っている。一方、インドでは、ガソリン需要の価格変化に対する反応には、米国で見られたような非対称性は確認できなかったとしている。

以上の先行研究における価格に対する反応の非対称性の推定結果を、表4-1にまとめてみると、概ね以下のように整理できる。Dargay [1992] の、英国のエネルギー消費についてみると、価格下降時の価格弾力性はほぼ0であるのに対し、価格上昇時の価格弾力性は-1前後で、特に、最大価格更新時の価格弾力性が際立って高いことが確認できる。一方、Haas 他 [1998]、Sentenac-Chemin [2012] では、価格下降時については、有意な価格弾力性の推定値を得ることができていない。Gately [1993]、Gately 他 [2002] では、価格下降時の価格弾力性が推定されているが、日本の運輸用石油需要を除く全てで、最大価格更新時あるいは価格上昇時の価格弾力性よりも小さな値が推定されている。

¹ CAFÉ (Corporate Average Fuel Economy) : 企業毎の販売実績による自動車の平均燃費に対する規制。

表 4-1 先行研究における価格弾力性の推定結果からみた反応の非対称性

			最大価格	その他上昇 時価格	上昇時価格	下降時価格	非対称性を 仮定しない
Drgay(1990)	エネルギー	英国	-	-0.75 ~-1.06	-	0	-0.93
		英国	-1.00 ~-1.50	-	-	0	-0.06
	エネルギー(家庭)	英国	-	-0.63	-	0	-0.57
	石油(運輸)	英国	-1.5	-	-	-	-
	石油(家庭)	英国	-1.09 ~-1.89	-	-	-	-
Gately(1993)	石油(運輸)	米国	-0.21	-1.84	-	0.01	-
			-	-	-0.85	-0.14	-
		日本	-	-	-0.45	-0.58	-
	石油(非運輸)	米国	-0.68	0.10	-	0.06	-
			-	-	-0.77	-0.23	-
		日本	-	-	-0.28	0.03	-
						-0.15	
Haas(1998)	エネルギー	米国	-0.19	-	-	-	-
		日本	-0.33	-	-	-	-
		スウェーデン	-0.15	-	-	-	-
		西ドイツ	-	-0.28	-	-	-
		英国	-0.13	-	-	-	-
		デンマーク	-0.28	-	-	-	-
		フランス	-	-0.06	-	-	-
		豪州	-0.57	-	-	-	-
Gately(2002)	エネルギー	OECD	-0.3	-	-	-0.1	-
		Non-OECD	-	-	-	-	-0.17
		新興国	-	-	-	-	-0.07
	石油	OECD	-0.73	-0.42	-	-0.33	-
		Non-OECD	-0.19	-	-	-0.06	-
		新興国	-0.12	-	-	-	-
Sentenac- Chemin(2012)	ガソリン	米国	-0.25~ -0.35	-	-	-	-
		インド	-	-	-	-	-0.30

注) 星野[2014]より引用

3 価格に対する反応の非対称性が観察される要因：一般的な財の場合

3.1 市場構造とメニューコストによる説明

ここまで見てきた、価格に対する反応の非対称性は、どのような要因によって生じるのであろうか。まず以下では、価格に対する反応の非対称性をエネルギー固有のものと考えず、一般的な財についても説明可能なモデルを用いて考えてみたい。

一般的な財においては、市場構造の違いとメニューコストを考慮に入れることで、価格に対する反応の非対称性の存在を説明することができる。Madsen and Yang [1998] は、Ball and Mankiw [1994] で提示された「メニューコスト」が存在するときに、生産物（製品）価格の需要ショックに対する反応の非対称性が生じる理由について、製造業者、小売業者の2つのモデルを用いて論じている。需要が価格に対して比較的非弾力的な場合には、価格が上昇しても売り上げへのインパクトは限定的であることから、企業は、上方に価格調整を

行うことで利益を得ることが可能となる。その反面、価格低下に対する需要の反応も鈍いので、価格低下を補うだけの売り上げの増加は望めないことから、企業は下方への価格調整には消極的となる。一般に川上に位置する製造業者は、川下に位置する小売業者より非弾力的な需要に直面している。さらに Blinder [1994] によれば、価格変更に伴う「メニューコスト」は、カタログの改訂や取引先への周知などが必要となる製造業者のほうが、店頭で値札や値引き率を書き換えるだけで済む小売業者に比べて大きい。こうしたことから、生産物価格は下方硬直的な傾向を持つことになる。

これを、エネルギー財に置き換えて考えてみたい。今、Madsen 他 [1998] の枠組みを使って、生産要素の一つとしてエネルギーを投入している製造業の生産者を考える。ここで、エネルギー価格は外生変数であるが、生産物価格は内生変数とする。今、製造業生産物に対する需要の価格弾力性が小さい場合を考えると、生産物価格の低下による売上増加は大きく見込めないことに加え、メニューコストがあるために、生産物価格には下方硬直性が存在する。従って、仮に生産投入要素であるエネルギー価格が低下しても、生産物価格の低下にはつながりにくいため、生産物需要の増加幅とエネルギー投入（需要）の増加幅はともに小さくなると予想される。

一方、エネルギー価格の上昇時には、生産物需要の価格弾力性が低いため、生産物価格引き上げによる生産物需要の減少は限定的なことから、生産物価格への転嫁は行われやすい。仮にメニューコストを上回る利益が期待できる場合には、生産物価格の引き上げも大きめに行われやすい。この場合には、生産物需要とエネルギー投入（需要）の減少幅はエネルギー価格低下時よりは大きくなる。以上のことから、価格上昇時のエネルギー需要の減少は、価格低下時のエネルギー需要の増加よりも大きく、エネルギー需要の価格弾力性の大きさは価格変化の方向に関して非対称になることを説明することができる。

3.2 基本モデル

以上のことを、市場にリーダーとフォロアーが存在する階層性のある市場、および階層性のない市場の 2 つの市場構造の違いのそれぞれについて、簡易なモデルを用いて示してみたい。

3.2.1 階層性のないケース

製造業者は、生産量 y の逆需要関数 $p(y) = \alpha - \beta y$ に直面しており、生産条件 $y = f(e)$ と費用条件 $C = c(y)$ の下で利潤最大化を図るものと仮定する。このとき簡単化のために生産物 1 単位の増加に対し、 $1/\gamma_m$ 単位のエネルギー投入が必要であり、その生産条件 $f(e)$ は規模に応じて収穫一定の $f(e) \equiv \gamma_m e$ と仮定する。また費用条件 $c(y)$ は、エネルギーの単位価格 p_e の下での投入コスト $p_e e$ のみならず、生産量 y の増加に対して費用が逓増する $c_m y^2$ (ただし、 c_m は費用逓増の強さを表すパラメータ) の双方から構成されるものとす

る。このとき製造業の利潤 π_m は以下のようになる。

$$\begin{aligned}\pi_m &= p(y)y - c(y) = [(\alpha - \beta y)]y - p_e e - c_m y^2 = [\alpha - (\beta + c_m)y]y - p_e e \\ &\equiv (\alpha - \beta y)y - p_e e\end{aligned}\tag{4-13}$$

表記を簡単にするために $\beta + c_m \equiv \beta$ と再定義することで、(4-13) 式最後の変形ができる。すなわち費用逓増の強さを表すパラメータ c_m の増減は β の増減で代替できる。このとき、上式をエネルギー投入量 e (すなわち需要量 e_D) で表すと次式のようになる。

$$\pi_m(e_D) = (\alpha - \beta y)y - p_e e_D = (\alpha - \beta \gamma_m e_D)\gamma_m e_D - p_e e_D\tag{4-14}$$

ここで所与のエネルギー単位価格 p_e の下で利潤最大化を図る製造業の生産行動は次式を満たしていなければならない (次式では利潤最大化の2階条件 $\partial^2 \pi_m / (e_D)^2 < 0$ が成立している)。

$$\frac{\partial \pi_m(e_D)}{\partial e_D} = \alpha \gamma_m - 2\beta (\gamma_m)^2 e_D - p_e = 0\tag{4-15}$$

また、エネルギー供給企業の生産条件を収穫一定と仮定すると、投入要素 e_i からなる生産条件は、 $e_s = g(e_i) \equiv \gamma_e e_i$ となり、製造業者と同様に費用条件 $C = c(e_s)$ が投入要素 e_i の単位価格 w の下でのコスト $w e_i$ と逓増部分 $c_e e_s^2$ (ただし、 c_e は費用逓増の強さを表すパラメータ) から構成されると仮定する。さらに、外生的に決定される価格 w は、 $w > 0$ と仮定する。このときエネルギー供給企業の利潤 π_e は以下のようになる。

$$\pi_e = p_e e_s - c(e_s) = p_e e_s - c_e e_s^2 - (w/r_e) e_s\tag{4-16}$$

以下では、製造業者を川下企業、エネルギー供給企業を川上企業と呼ぶ。ここで、川上企業と同様に、所与のエネルギー単位価格 p_e の下で利潤最大化を図る川上企業の均衡生産量は次式を満たしていなければならない (次式では利潤最大化の2階条件 $\partial^2 \pi_e / (e_s)^2 < 0$ が成立している)。

$$\frac{\partial \pi_e(e_s)}{\partial e_s} = p_e - 2c_e e_s - w/r_e = 0\tag{4-17}$$

したがって、両者の需給均衡条件は $e_D = e_S$ であり、均衡において次の(4-18)、(4-19) 式が成立している。

$$\alpha\gamma_m - 2\beta(\gamma_m)^2 e^* - p_e^* = 0 \tag{4-18}$$

$$p_e^* - 2c_e e^* - w/r_e = 0 \tag{4-19}$$

(4-18) 式と(4-19) 式より、以下の e^* が得られる。ただし、 $\alpha\gamma_e\gamma_m - w > 0$ と仮定する。

$$e^* = \frac{\alpha\gamma_e\gamma_m - w}{2\gamma_e(\beta\gamma_m^2 + c_e)} \tag{4-20}$$

これを(4-18) 式に代入して、以下の p_e^* を得る。

$$p_e^* = \frac{\alpha c_e \gamma_e \gamma_m + \beta w \gamma_m^2}{\gamma_e(\beta\gamma_m^2 + c_e)} \tag{4-21}$$

(4-18) 式より、 $p_e^* = \alpha\gamma_m - 2\beta(\gamma_m)^2 e^*$ を需要関数、(4-19) 式より、 $p_e^* = 2c_e e^* + w/r_e$ を供給関数とした図 4-1 を描くことができる。

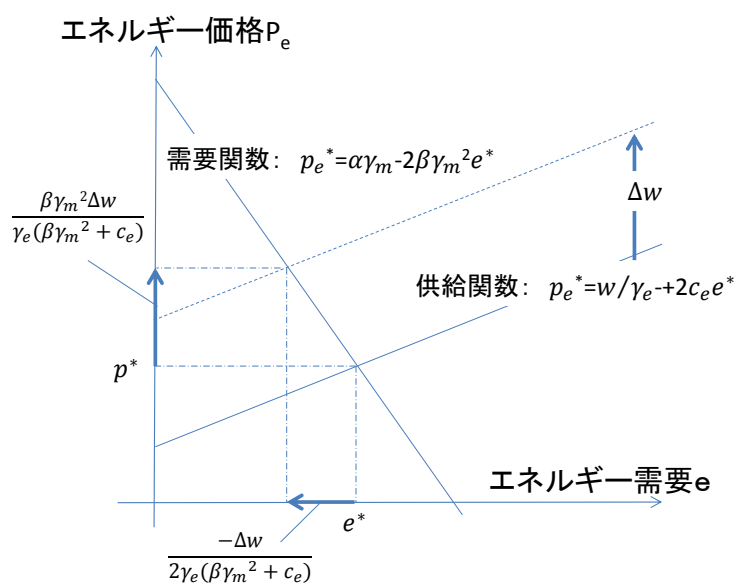


図 4-1 エネルギー価格上昇による需給均衡点の変化（階層性のないケース）

(4-14) 式、(4-16) 式に (4-20) 式、(4-21) 式を代入することで、均衡での川下企業、川上企業の利潤を求めることができる。

$$\pi_m = \alpha\gamma_m e^* - \beta\gamma_m^2 e^{*2} - p_e^* e^* = \frac{\beta\gamma_m^2(\alpha\gamma_e\gamma_m - w)^2}{4\gamma_e^2(\beta\gamma_m^2 + c_e)^2} \quad (4-22)$$

$$\pi_e = p_e^* e^* - c_e e^{*2} - (w/\gamma_e)e^* = \frac{c_e(\alpha\gamma_e\gamma_m - w)^2}{4\gamma_e^2(\beta\gamma_m^2 + c_e)^2} \quad (4-23)$$

今、エネルギー価格が Δw 変化する外生ショックが起こった後の均衡での川上企業の利潤を π' とすると、(4-23) 式より、以下の均衡利潤を導出できる。

$$\pi' = \frac{\alpha^2 c_e \gamma_e^2 \gamma_m^2 - 2c_e \gamma_e \gamma_m (w + \Delta w) + c_e (w + \Delta w)^2}{4\gamma_e^2(\beta\gamma_m^2 + c_e)^2} \quad (4-24)$$

エネルギー価格変化前後の均衡における川上企業の利潤の変化量 $\Delta\pi$ を、 Δw の式で表して整理すると、以下の $\Delta\pi$ が得られる。

$$\Delta\pi = \frac{c_e \Delta w^2 - 2c_e(\alpha\gamma_e\gamma_m - w)\Delta w}{4\gamma_e^2(\beta\gamma_m^2 + c_e)^2} \quad (4-25)$$

3.2.2 階層性があるケース（リーダー=フォロアー・モデルの場合）²

(1) 価格転嫁する場合

次に、エネルギー生産者が製造業者の (4-15) 式を考慮にいれ、 p_e を決定しているケースを考える。(4-17) 式より、川下企業の利潤最大化条件から、以下の式が導出できる。

$$p_e = \alpha\gamma_m - 2\beta\gamma_m^2 e \quad (4-26)$$

² なお、ここでは川上企業がリーダー、川下企業がフォロアーという想定で分析を行ったが、どちらがリーダーになり得るのかについては、一定の条件が満たされる必要がある。詳細は Milgrom and Roberts [1992] を参照のこと。本稿では、分析の簡単化のために、既に仮定されたリーダー・フォロアーの関係が約束されているものとする。

これを (4-16) 式に代入して次式を得る。

$$\pi_e = (\alpha\gamma_m - 2\beta\gamma_m^2 e)e - c_e e^2 - (w/\gamma_e)e = \alpha\gamma_m e - 2\beta\gamma_m^2 e^2 - c_e e^2 - (w/\gamma_e)e \quad (4-27)$$

$$\frac{\partial \pi_e}{\partial e} = \alpha\gamma_m - 4\beta\gamma_m^2 e - 2c_e e - (w/\gamma_e) = 0 \quad (4-28)$$

$\gamma_e > 0$ より、 $\alpha\gamma_e\gamma_m - 4\beta\gamma_e\gamma_m^2 e - 2c_e\gamma_e e - w = 0$ となり、これを整理すると川上企業の利潤を最大化するエネルギー供給量 e^{**} を得る。

$$e^{**} = \frac{\alpha\gamma_e\gamma_m - w}{2\gamma_e(2\beta\gamma_m^2 + c_e)} \quad (4-29)$$

これを(4-20)式と比較すると、(4-20)式 > (4-29)式 であり、階層性があるケースでは、完全な需給均衡のケースと比較して供給量が減少する。このときの価格 p_e^{**} は、(4-26)式に(4-29)式を代入して求められる。

$$p_e^{**} = \frac{\alpha\beta\gamma_e\gamma_m^3 + \alpha c_e\gamma_e\gamma_m + \beta w\gamma_m^2}{\gamma_e(2\beta\gamma_m^2 + c_e)} \quad (4-30)$$

この均衡での川上企業の利潤は、以下のとおりである。

$$\pi_e^{**} = p_e^{**}e^{**} - c_e e^{**2} - (w/\gamma_e)e^{**} = \frac{\alpha^2\gamma_e^2\gamma_m^2 - 2\alpha\gamma_e\gamma_m w + w^2}{4\gamma_e^2(2\beta\gamma_m^2 + c_e)} \quad (4-31)$$

また、この均衡での川下企業の利潤は以下のようなになる。

$$\pi_m^{**} = \alpha\gamma_m e^{**} - \beta\gamma_m^2 e^{**2} - p_e^{**}e^{**} = \frac{\alpha^2\beta\gamma_e^2\gamma_m^4 - 2\alpha\beta\gamma_e\gamma_m^3 w + \beta\gamma_m^2 w^2}{4\gamma_e^2(2\beta\gamma_m^2 + c_e)^2} \quad (4-32)$$

今、外生ショックとして、エネルギー価格 w が Δw だけ上昇するケースを考える。川上企業が、このコスト上昇を価格に転嫁する場合の川上企業の利潤を π'_e とすると、(4-31) 式より、以下の式が得られる。

$$\pi'_e = \frac{\alpha^2 \gamma_e^2 \gamma_m^2 - 2\alpha \gamma_e \gamma_m (w + \Delta w) + (w + \Delta w)^2}{4\gamma_e^2 (2\beta \gamma_m^2 + c_e)} = \frac{(\Delta w - (w - \alpha \gamma_e \gamma_m))^2}{4\gamma_e^2 (2\beta \gamma_m^2 + c_e)} \quad (4-33)$$

このときの価格は、(4-30) 式より以下のとおりである。

$$p'_e = \frac{\alpha \beta \gamma_e \gamma_m^3 + \alpha c_e \gamma_e \gamma_m + \beta w \gamma_m^2 + \beta \Delta w \gamma_m^2}{\gamma_e (2\beta \gamma_m^2 + c_e)} \quad (4-34)$$

(2) 価格転嫁しない場合

以下では、メニューコスト、もしくはスイッチングコスト³を考慮した場合に、価格転嫁の閾値が存在することについてみていきたい。メニューコストを μ 、価格転嫁しない場合の川上企業の利潤を π''_e とすると、以下の不等式が成り立つときに、価格転嫁が行われる。

$$\pi'_e - \pi''_e > \mu$$

川上企業が価格転嫁しない場合の p_e は不変なので、(4-27) 式は、以下のように書き換えられる。

$$\pi''_e = p_e e - c_e e^2 - ((w + \Delta w)/\gamma_e) e = (\alpha \gamma_m - 2\beta \gamma_m^2 e) e - c_e e^2 - ((w + \Delta w)/\gamma_e) e \quad (4-35)$$

$$\frac{\partial \pi''_e}{\partial e} = \alpha \gamma_m - 4\beta \gamma_m^2 e - 2c_e e - ((w + \Delta w)/\gamma_e) = 0 \quad (4-36)$$

$\gamma_e > 0$ より、 $\alpha \gamma_e \gamma_m - 4\beta \gamma_e \gamma_m^2 e - 2c_e \gamma_e e - w - \Delta w = 0$ となり、これを整理すると価

³ 価格改定に伴う、料金表の改訂や製品ラインナップの変更などにより、回収不能な固定費用であるサンクコストが発生する場合に、このコストをメニューコスト、より広義にはスイッチングコストと呼ぶ（丸山雅祥・成生達彦 [1997]）。

格転嫁しない場合の川上企業の利潤を最大化するエネルギー供給量 e^{**} を得る。

$$e^{**} = \frac{\alpha\gamma_e\gamma_m - w - \Delta w}{2\gamma_e(2\beta\gamma_m^2 + c_e)} \quad (4-37)$$

(4-35) 式の p_e , e に(4-30) 式、(4-37) 式を代入して整理すると、以下の式を得る。

$$\begin{aligned} \pi_e'' = \frac{1}{4\gamma_e^2(2\beta\gamma_m^2 + c_e)^2} \times \\ (2\alpha^2\beta\gamma_e^2\gamma_m^4 + 2\alpha^2c_e\gamma_e^2\gamma_m^2 - c_e\alpha^2\gamma_e^2\gamma_m^2 - 4\alpha\beta\gamma_e\gamma_m^3w - 2\alpha c_e\gamma_e\gamma_m w \\ + 2\beta\gamma_m^2w^2 + c_e w^2 - 6\alpha\beta\gamma_e\gamma_m^3\Delta w - 2\alpha c_e\gamma_e\gamma_m\Delta w + 4\beta\gamma_m^2\Delta w^2 \\ + c_e\Delta w^2 + 6\beta\gamma_m^2w\Delta w + 2c_e w\Delta w) \end{aligned} \quad (4-38)$$

ここで、 $\pi_e' - \pi_e'' > \mu$ が成り立つときに、価格転嫁が行われる。階層性があるケースにおいて、川上企業であるエネルギー供給企業が、エネルギー投入コストの上昇を価格に転嫁するときの、当該企業の利潤の変化は以下のように求められる。

$$\pi_e' - \pi_e'' = \frac{2\alpha\beta\gamma_e\gamma_m^3\Delta w - 2\beta\gamma_m^2w\Delta w - 2\beta\gamma_m^2\Delta w}{4\gamma_e^2(2\beta\gamma_m^2 + c_e)^2} \quad (4-39)$$

3.3 シミュレーション

3.3.1 調達価格変動と川上企業の利潤

以下では、パラメータに仮の値を想定して、調達価格の変動による川上企業の利潤への影響の違いをみてみたい。仮に、エネルギー投入量 e 、エネルギー価格 w を 1 とする。川上企業の投入全体に占めるエネルギー投入のシェア $1/\gamma_m$ を 50% とすると、 $0.5 = 1/\gamma_m$ より、 $\gamma_m = 2$ 、 $y = f(e) = \gamma_m e = 2$ となる。また、川下企業のエネルギー需要の価格弾力性を $-\beta = -0.2$ と想定する。 γ_e は、川上に位置するエネルギー製造部門の変換効率に相当することから、 $\gamma_e = 0.5$ とする。このとき、 $\alpha = 2$ とする。なお、これらのパラメータのこの特定化は図示化のためであり、以下の結果を本質的に変えるものではない。

以上のパラメータを基準セットとして、エネルギー調達価格 Δw が、マイナス 100% からプラス 200% までの範囲で変動した場合について、階層性がないケース、階層性があり、かつ投入価格の変化を転嫁するケース、階層性があり、かつ投入価格の変化を転嫁しないケースの 3 ケースについて、エネルギー調達価格変化を横軸に、(4-24) 式、(4-33) 式、(4-38)

式で表される調達価格の変化による川上企業の利潤の変化を縦軸にグラフを作成した。ただし、 Δw の分布区間は、これまでの仮定⁴より(-1, 1) とする⁵。まず、階層性がないケースについて、エネルギー調達価格の変化 Δw と、川上企業の利潤変化 $\Delta\pi$ の関係を示したのが、次の図 4-2 である。

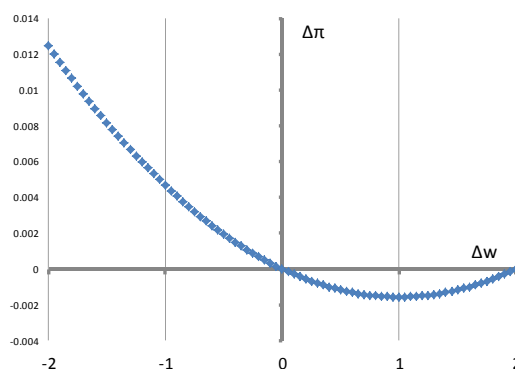


図 4-2 階層性がないケース

次に、階層性があり、かつ燃料調達価格の上昇分を価格転嫁するケースを以下の図 4-3 に示す。ただし、 Δw の分布区間は、これまでの仮定より(-1, 1) とする。

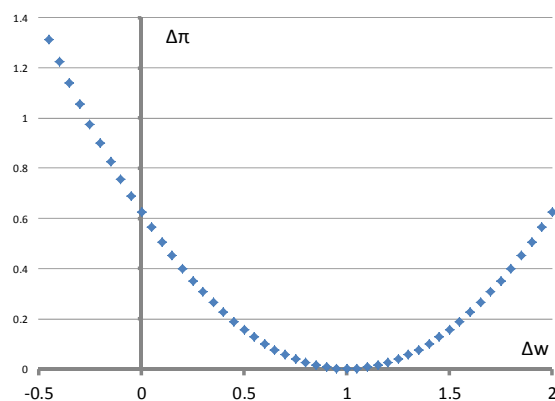


図 4-3 階層性があり、価格転嫁するケース

次に、階層性があり、かつ燃料調達価格の上昇分を価格転嫁しないケースを以下の図 4-4 に示す。ただし、 Δw の分布区間は、これまでの仮定より(-1, 1) とする。

⁴ $\alpha\gamma_e\gamma_m - w > 0, w > 0$ の仮定。

⁵ 本論文では、便宜上、 Δw の定義域を $\Delta w \in [\underline{w}, \bar{w}]$ と仮定したが、 Δw が正規分布 $\Delta w \sim N(0, \sigma^2)$ に従う場合でも同様の分析が可能である。

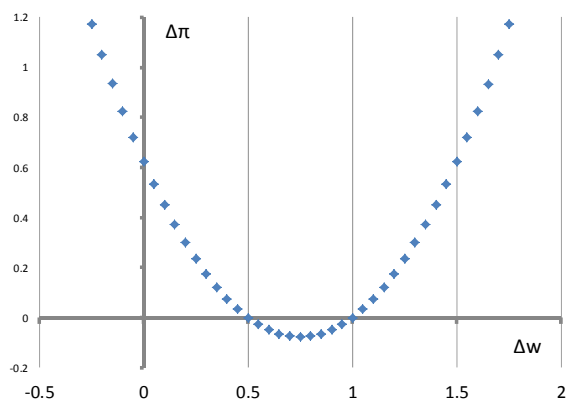


図 4-4 階層性があり、価格転嫁しないケース

次の図 4-5 は、階層性があるケースにおいて、価格転嫁の有無による 2 つの図 4-3、4-4 を重ねた図 (図 4-5 左) で、両者の差を見やすくするために、左図の四角部分を拡大したのが図 4-5 右図である。ただし、 Δw の分布区間は、これまでの仮定より $(-1, 1)$ とする。

この図から、 $0 < \Delta w < 1$ の範囲では、(4-39) 式の値は正、すなわち階層性がある場合には、価格上昇時には、価格転嫁した場合の利潤が価格転嫁しない場合の利潤を上回ることがわかる。

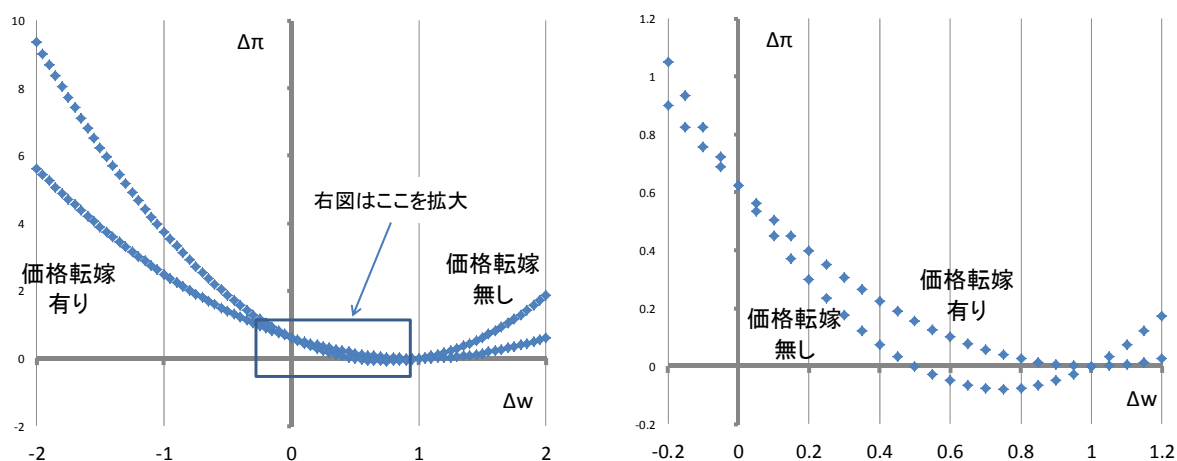


図 4-5 階層性がある場合の価格転嫁の有無による利潤の比較

—右図は、左図の四角部分を拡大したもの—

3.3.2 メニューコストを考慮した場合

次に、メニューコストを考える。ここでは簡単のため、メニューコスト μ は固定費用とする。価格転嫁による利潤変化が正で、かつメニューコストを上回るときのみ、川上企業は価格転嫁をすると考える。仮に、 Δw が任意に変化する場合、以上の各ケースにおけるエネルギー単位価格 p_e の変化についてシミュレーションを行った結果が、以下の図 4-6 である⁶。なお、 Δw の変化には、任意の値を与えている。

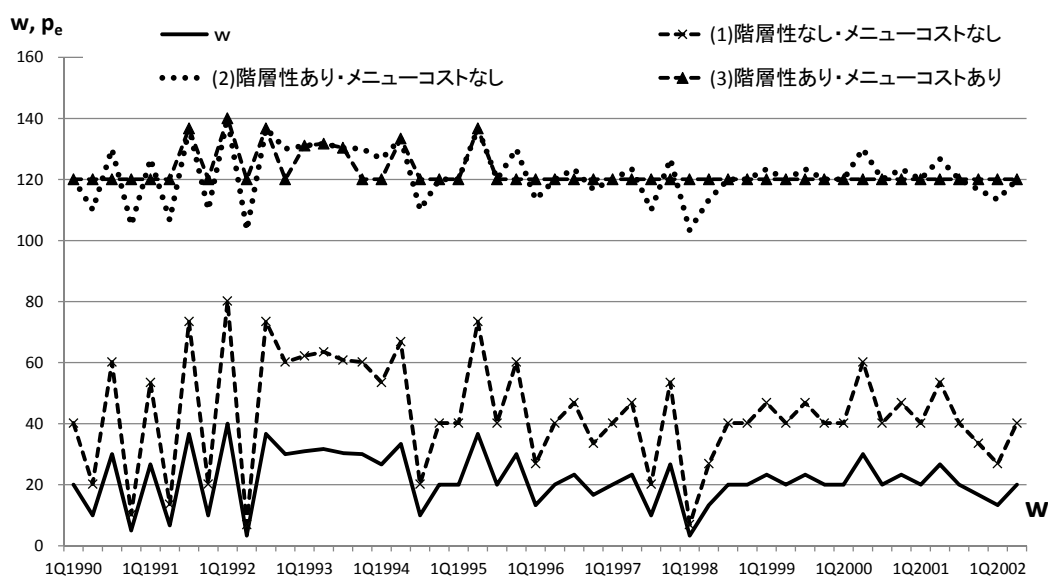


図 4-6 投入価格変動による川上企業の卸売価格への影響

この図から、市場に階層性のない場合、すなわち市場の需給均衡で価格が決まる場合と比べて、階層性のあるモデルでは、全般に価格低下時の影響が下方硬直的になっていることがわかる。さらに、階層性のあるモデルの場合においても、利潤がメニューコストを超える場合にのみ価格転嫁を行うケースのほうが、価格低下時に下方硬直的になっていることを確認できる。以上から、川上企業が、投入コスト変化を価格転嫁する度合は、市場構造によって異なることがわかる。市場にリーダーとフォロアーが存在する場合には、仮に川上企業がリーダーの場合、その卸売価格は下方硬直的な傾向を持つ。さらにメニューコストを考慮に入れると、この下方硬直性の度合いはより高まる。

⁶ ここで用いた、各パラメータの値は、ケース間の差異が際立つように、3.3.1で用いたものとは異なるものを用いている。

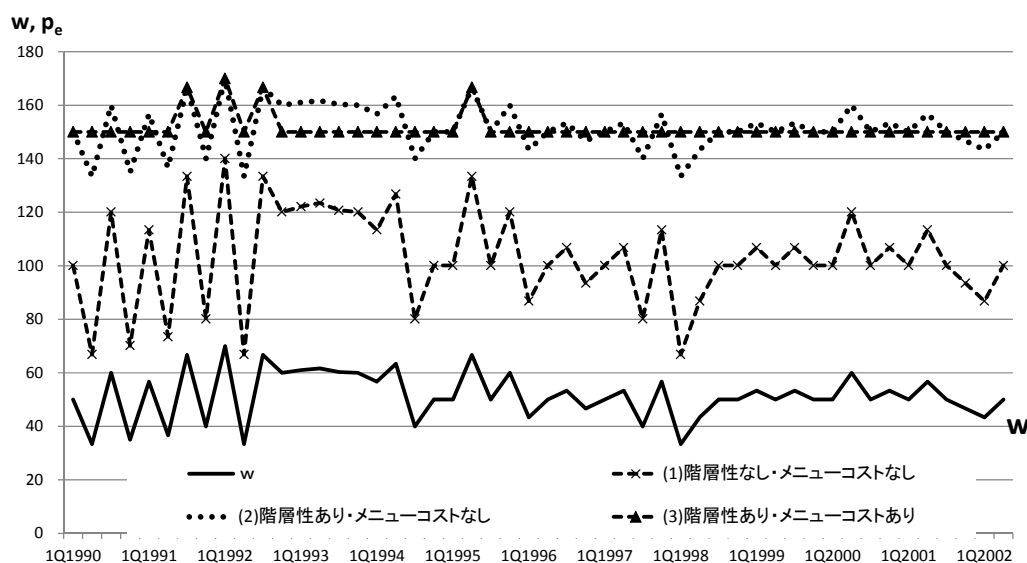


図 4-7 投入価格変動による川上企業の卸売価格への影響 (w が高い場合)

図 4-7 は、変化前の w の水準が高い場合について、投入価格変動による卸売価格への影響がどのように変化するかをみたものである。元々の w の価格水準が高い場合には、メニューコストを考慮に入れると、 w が同じ幅で変化した場合でも、価格転嫁の度合いが少なくなることがわかる。

最後に、以上の分析結果を、エネルギー需要の価格に対する反応の非対称性の観点から考察する。仮に、川上企業をエチレン製造化学メーカーとし、川下企業をプラスチック製品メーカーとする。ここで、エチレン製造化学メーカーが国内エチレン市場のリーダーであり、エチレンの輸入は考えないとする。エチレンメーカーは、国内の多くのプラスチックメーカーに製品を出荷しており、価格改定にはいわゆる「メニューコスト」が発生する場合を考える。国際原油価格が変動しても、価格変更による利潤増加で、この「メニューコスト」を回収できない場合には、エチレンメーカーには価格変更を行うメリットはない。ここでの分析結果によると、価格上昇時と価格下降時とは、価格変更の起こりやすさが異なり、前者がより起こりやすいことがわかった。従って、国際原油価格の上昇時は、同価格の下落時に比べて、国内エチレン価格への転嫁が進みやすい。この場合には、エチレンを投入するプラスチック製品価格もこれに応じて変化することから、原油価格上昇時のほうが、下落時に比べて、プラスチック製品需要への影響は大きく、その結果、エチレン需要、原油需要への影響も、非対称となる。

ここまで、需要の価格変化に対する反応の非対称性について、一般的な財においても成立する、市場構造やメニューコストの要因から説明できることを示した。これに加えて、エネルギー財は、第 3 章の 2.1 節でふれたように特徴的な財であることから、以下では、価格に対する反応の非対称性について、エネルギー財に特有な要因を整理していきたい。

4 価格に対する反応の非対称性が観察される要因：エネルギー財の場合⁷

次に、価格に対する反応の非対称性が観察される理由について、エネルギー財の場合には、どのような議論が行われてきたか、先行研究を整理してみたい。

4.1 Wirl による整理

Wirl [1988] は、エネルギー需要において、価格に対する反応の非対称性が観察される要因として、以下の4つをあげている。

- (1) 第一次、第二次石油危機を通じた約10年の間に、省燃料自動車や省電力家電といった技術変化が起こった。こうした変化によって得た新たな技術は、不可逆的なものであり、価格低下時でも引き続き効果は持続する。
- (2) 将来のエネルギー価格に対する消費者の認識には、価格上昇に対して、より備える方向にバイアスが働くことから、価格低下時であっても、将来の期待価格はそれほど低下しない。
- (3) 様々な取引費用（探索・契約コスト、設備工事関連の作業や休業など）が存在するために、省エネによる利益がこれらを上回らない限り、省エネ投資は行われにくい。しかし、価格上昇時に省エネ支援政策による後押しがある場合には、投資は実現し易くなるため、需要変化はより大きくなる。
- (4) エネルギー価格上昇時には、設備更新（買い替え）時期の前であっても、よりエネルギー効率のいい設備に置き換えた方が、費用を節約できる場合がある。しかし、価格低下時に更新時期が来ていない機器を、効率の悪い設備に置き換えることは、通常の場合考えられない。

以上であるが、最近の Sentenac-Chemin [2012] によるレビューでも、Wirl [1988] とほぼ同様の要因があげられている。

4.2 Grubb による整理

Grubb [1995] は、非対称性が存在する要因として、Wirl [1988] の指摘した技術変化への影響に加えて、以下の2点を指摘している。

- (1) 価格上昇を契機として、省エネ規制の導入が行われることがある。こうした規制は、通常の場合、価格低下時においても、引き続き効力を有するので、価格低下時の価格弾力性を弱める方向に作用する。
- (2) 価格上昇時に獲得した人々の省エネ習慣は、価格低下時においても、持続する可能性がある。この効果も、価格低下時の価格弾力性を弱める方向に作用する。

⁷ 本節の内容は、星野 [2014] で報告した。

これらの2点は、価格上昇時に価格弾力性を高める方向に作用するだけでなく、価格下降時には価格弾力性を低める方向にも作用することも指摘している。

4.3 エネルギーを含む生産要素間の代替弾力性と非対称性

エネルギーと、エネルギー以外の生産要素との代替の起こりやすさが非対称な場合にも、価格に対する反応の非対称性が生じる可能性がある。ここで生産要素としてのエネルギーと資本は代替的であると考え、例えば、エネルギー価格上昇時のエネルギーから資本への代替弾力性を σ_{KE} 、資本価格上昇時の資本からエネルギーへの代替弾力性を σ_{EK} とすると、 $\sigma_{KE} > \sigma_{EK}$ は、エネルギー価格上昇時のエネルギーから資本への代替弾力性のほうが、資本価格上昇時（裏返せば、エネルギー価格下降時）の資本からエネルギーへの代替弾力性よりも大きいことを示している。これを、要素需要としてのエネルギー需要としてみた場合には、価格上昇時の価格弾力性が、価格下降時の価格弾力性よりも大きいことを意味する。

表4-2は、中国のほか途上国について同様の手法で分析された先行研究における推定結果をまとめたものである。Fan 他 [2007] によれば、1972~1993 年間ではエネルギーと資本は補完財の関係にあり、1993~2003 年間では代替弾力性に非対称性はみられない。これに対して Ma, Oxley, Gibson and Kim [2008] によれば、 $\sigma_{KE} > \sigma_{EK}$ であり、エネルギー価格上昇による資本への代替の程度が、逆の場合よりも若干大きく計測されており、非対称性の存在を確認できる。Roy [2006] は、製造業計と鉄鋼業に分けて推定している。製造業については、資本価格上昇によるエネルギーへの代替効果が大きいものの、鉄鋼についてみると、 $\sigma_{KE} > \sigma_{EK}$ であり、エネルギー価格上昇による資本への代替効果のほうが大きい。このことは、エネルギー多消費産業では、エネルギー価格上昇の影響がより大きくなる可能性を示唆している。

表4-2 途上国を対象にした生産要素間の代替弾力性に関する実証研究

	自己価格弾力性		森嶋の代替弾力性	
	σ_{EE}	σ_{KK}	σ_{KE}	σ_{EK}
Fan他(2007) 中国のエネルギー需要計				
1972-1993	0.31	-0.17	-0.37	-0.15
1993-2003	-1.23	-0.56	1.41	1.45
Ma他(2008) 1995-2005 中国のエネルギー需要計				
	-1.72	-3.03	0.69	0.53
Roy他(2006) 1980-1993 ブラジル、インド、韓国、米国				
製造業計	-0.88	-1.17	1.16	2.30
鉄鋼	-1.74	-0.94	1.87	1.63

注) 1. Fan他(2007), Ma他(2008)の原文では小数第4位まで記載あり。

2. Ma他(2008), Roy他(2006)の森嶋の代替弾力性は著者推計。

3. Roy他(2006)は、ブラジル、インド、韓国、米国のプーリング推計。

出所) 星野 [2014]より引用

4.4 価格に対する反応の非対称性と技術変化

4.4.1 先行研究による整理

以下では、先に見た Wirl [1988]、Grubb [1995] において、価格に対する反応の非対称性が観察される要因として中心的に取り上げられている、エネルギー価格と技術変化の関係について、さらに詳しく整理したい。

要素価格の変化によって、「Factor-Price Induced Technology Change (内生的な技術変化)」が起こりうることは、Hicks [1932]、Hayami and Ruttan [1971] らによって指摘されている。以下では、エネルギー価格の上昇によって、技術変化が引き起こされ、省エネ機器の開発やその普及が促進されることによる技術変化を、「Price induced technology change (価格誘発的な技術変化)」と呼ぶ。

Kumar, Managi [2009] は、生産可能性フロンティアの計測を通じた世界 80 か国の 1971 年から 2000 年を対象とした実証分析の結果から、石油価格が長期的に上昇している時期には、グローバルなレベルで、石油価格上昇が省エネに寄与する、すなわち価格誘発的な技術変化が存在することを確認している。

Dowlatabadi 他 [2006] では、1954-94 年間の米国のエネルギー需要を対象に、内生的な技術変化を含む技術変化率 π_t の推定を試みている。彼らは、外生的な技術変化⁸と、価格弾力性に、あらかじめとりうる値の範囲や初期値を与えたうえで、カリブレーションによって、 π_t を含むエネルギー需要関数のパラメータを推定している。次に、そこで得た π_t を、外生的技術変化 k と、エネルギー価格 p_t に回帰することで、価格が技術変化に及ぼす影響を分析している。

$$\pi_t = f(k, p_t) \quad (4-40)$$

その結果、価格 p_t は π_t を有意に説明することが示されている。すなわち、価格誘発的な技術変化が存在することを確認している。

長期のグローバルな温室効果ガス削減に関するモデル分析では、将来的に利用可能な技術水準とコストに、結果が大きく依存することから、内生的な技術変化への関心は高い。Grubb, Carraro and Schellnhuber [2006] では、分析に用いられる複数のモデルを対象に、内生的な技術変化の扱い方を整理している。その特集号のなかで、Köhler, Grubb, Popp and Edenhofer [2006] は、内生的な技術変化の要因の一つとしてエネルギー価格の上昇をとりあげている。

技術変化の代理変数としては、多くの先行研究で R&D の成果である特許取得数が用いられている。例えば Popp [2001] では、米国の製造業 8 業種の 450 社の 1958 年から 1991 年の

⁸多くのエネルギーモデルで AEEI(Autonomous Energy Efficiency Improvement)と呼ばれる。

企業データを用いて、新技術の導入によるエネルギー需要へのインパクトについて分析を行っている。新技術導入要因に関しては、エネルギー関連の知識ストックの代理変数としてエネルギー関連の特許数を用いている。分析の結果、エネルギー価格変化によるエネルギー需要の減少のうち、価格変化に誘発された要素間代替による効果が3分の2を占め、残り約3分の1が、価格変化に誘発された新技術の導入効果であった。Popp [2001] は、エネルギー需要の回帰分析から得られる価格弾力性には、この2つの効果が含まれることに注意が必要であると述べている。

4.4.2 エネルギー価格と技術変化の関係

以上のエネルギー財を対象とした先行研究では、価格に対する反応の非対称性の主な要因として、1) 省エネ関連技術への影響、2) 省エネ投資への影響、3) 消費者の期待価格への影響、4) 省エネ規制への影響、5) 省エネ習慣の獲得、6) 生産要素間の代替、があげられている。

これらのうち、1)、2)、6) は、価格上昇に伴う省エネ技術開発や導入促進、代替エネルギーへの不可逆的シフトであり、エネルギー需要節約的な技術変化と考えることができる。また、4)、5) は、価格下降時の需要増加（省エネのリバウンド効果）を小さくする効果を持つが、これも広義には、制度的・社会的意味においての省エネ技術の変化と捉えることもできる。

以上から、エネルギー財に関して、価格に対する反応の非対称性を論じた先行研究では、エネルギー価格の変化によって引き起こされた技術変化が、非対称性を生じさせる要因と考えられていることがわかる。なお、先に述べたように、ここでの技術変化は、エネルギーと資本の代替や、エネルギー効率の高い設備の導入といった生産技術面の変化だけでなく、消費者のエネルギー利用の観点での技術変化も含む。後者の例としては、冷蔵庫やエアコンの省エネ型製品への買い替え、照明器具のLEDへの変更や消費者の行動変容による省エネなどがあげられる。さらに、省エネ法やトップランナー規制の導入といった省エネを促進する制度面の変更も広い意味での技術変化と呼ぶことができよう。

ところでGriffin and Schulman [2005] は、「価格に対する反応の非対称性は、内生的な技術変化である価格誘発的な技術変化を捉えていることに他ならない」と指摘している。同時にGriffin 他 [2005] は、「内生的技術変化のメカニズムは十分に解明されておらず、実証分析においては、価格に対する需要の反応としては対称性を仮定し、技術変化は外生的なショックとして捉えるべきである」と主張している。これに対してHuntington [2006] は、統計的検定を行った結果、価格変化に対する需要の反応については、対称性を仮定したモデルではなく、非対称性を仮定したモデルが選択されることを示して反論している。また、先に見た、Kumar 他 [2009]、Dowlatabadi 他 [2006]、Popp [2001] の実証分析の結果は、確かに価格誘発的な技術変化が存在していることを示唆している。

Adeyemi and Hunt [2007] は、OECD 諸国 15 か国を対象に、1962-2003 年のデータを用い

て、Griffin 他 [2005] の仮説の検証を試みている。その結果、エネルギー節約的な技術変化とエネルギー需要の価格に対する反応の非対称性の間の関係については、明解な答えは得られなかったとしながらも、技術変化を先験的に外生的ショックと捉えることには否定的である。実証分析においては、価格に対する反応の非対称性を考慮することが重要であると指摘している。

5 まとめと考察

多くの先行研究において、価格上昇時と下降時で、価格に対する需要の反応が異なる「価格に対する反応の非対称性」の存在が指摘されてきた。また、この非対称性を考慮しない場合、価格弾力性の推定結果にバイアスが生じる可能性も指摘されてきた。本章では、エネルギー需要の価格弾力性の推定に関して、1980年代以降の議論を振り返りながら、最近の研究にいたるまでの先行研究を整理し、実証研究での非対称性の捉え方、非対称性が生じる要因についてまとめた。

価格に対する反応の非対称性に関する研究は、2度の石油危機後とその後の石油価格暴落時の需要の反応が、必ずしも対称的ではないことを観察することから始まった。先進国を中心に、いくつかの実証研究において、エネルギー需要の価格弾力性には、価格上昇時と下降時とで非対称性があり、特に、価格上昇時の価格弾力性は、価格下降時の価格弾力性よりも大きいことが確認されている。これは、特に、エネルギー多消費産業において顕著にみられる傾向がある。

本章では、はじめに価格に対する反応の非対称性が存在する理由を、エネルギー固有のものと考えず、一般財も扱うことのできる理論モデルに、市場構造の違いとメニューコストを考慮に入れることによって、説明できることを示した。具体的には、原材料の価格ショックが起こった場合に、川上企業と川下企業の価格転嫁行動の違いによって、最終製品価格に影響を与え、それが最終的には川上企業の原材料投入（この場合にはエネルギー需要）に影響するというものである。川上企業が、投入コスト変化を卸売価格に転嫁する度合は、市場構造によって異なるが、例えば市場にリーダーとフォロアーが存在するケースでは、仮に川上企業がリーダーの場合、その卸売価格は下方硬直的な傾向を持つ。さらにメニューコストを考慮に入れると、この下方硬直性の度合いはより高まることがわかった。これは、投入原材料である燃料の価格上昇時に比べて、価格低下時には最終製品価格に転嫁されにくく、このため最終製品の需要増加（エネルギー需要の増加）には結び付きにくいことを示している。

次に、先行研究のサーベイを行い、価格に対する反応の非対称性を生じさせる、エネルギー需要固有の要因を整理した。先行研究では、価格上昇によるエネルギー節約的な技術代替、省エネ技術や省エネ製品の登場、価格上昇時に獲得した省エネ習慣、価格上昇時に導入された省エネ関連の規制や政策などが要因として指摘されてきた。これらは広い意味

で、価格誘発的な技術変化と呼ぶことができ、価格下落後も技術変化による省エネ効果が維持されるために、価格下落による需要増加と相殺して、非対称性をより大きくする方向に働く。

本章では、価格に対する反応の非対称性が観察される理由として、一般的な財でも成り立つ説明として3節で取り上げた、市場構造およびメニューコストによる要因と、4節で整理した、エネルギー財に特徴的な価格誘発的な技術変化による要因の2つをとりあげた。しかし、実証分析においては、この2つの要因はともに価格上昇時の反応を強める要因として働くことから、これらを切り分けて計測することは難しい。本論文の目的は、途上国におけるエネルギー価格変化による需要の抑制効果を捉えることにあることから、価格上昇時と価格下降時の価格弾力性の差異として、「価格に対する反応の非対称性」を計測し、これを上記の2つの要因が複合したものとして捉える。価格に対する反応の非対称性を、要因ごとに分解して把握することは、今後の課題としたい。

既に第3章で明らかになったように、よりロバスタな価格弾力性の計測のためには、価格に対する反応の非対称性を考慮することが重要であるが、途上国を対象とした実証分析の蓄積は、まだ十分ではない。途上国においても同様の傾向がみられるのか否かについては、より多くの国を対象とした研究の蓄積が必要である。次章では、ここまでの議論を踏まえた実証研究のための分析枠組みを提示する。

参考文献

- 星野優子 [2011], 『日本のエネルギー需要の価格弾力性の推計－非対称性と需要トレンドの影響を考慮して－』, 電力中央研究所研究報告, Y10016
- 星野優子 [2013], 『日本の製造業業種別エネルギー需要の価格弾力性の推計－国際比較のための分析枠組みの検討－』, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.34, No.1.
- 星野優子 [2014], 『エネルギー需要の価格弾力性に関する先行研究レビュー－価格弾力性の非対称性を中心にした整理－』, 2013年度東洋大学大学院紀要第50集, 125-144
- 丸山雅祥, 成生達彦 [1997], 『現代ミクロ経済学－情報とゲームの応用ミクロ－』 創文社
- Adeyemi, Olutomi I., Lester C. Hunt [2007], Modeling OECD industrial energy demand: Asymmetric price responses and energy-saving technical change, *Energy Economics*, Vol.29, 693–709
- Ball, L., Mankiw, N. G. [1994], Asymmetric Price Adjustment and Economic Fluctuations, *Economic Journal*, Vol.104, 247-261
- Blinder, A. S. [1994], On Sticky Prices: Academic Theories Meet the Real World., In *Monetary Policy*, edited by N. G. Mankiw. Chicago: University of Chicago Press
- Boone, Laurence, Stephen Hall, David Kemball-Cool, Clare Smith [1995], “Endogenous

- Technological Progress in Fossil Fuel Demand”, in Barker, T., Ekins, P., Johnstone, N. (Eds), “Global Warming and Energy Demand”, Routledge, London, 191-226
- Dowlatabadi, Hadi, Matthew A, Oravetz [2006], US long-term energy intensity: Backcast and projection, *Energy Policy*, Vol.34, 3245-3256
- Dargay, J.M [1992], Are Price and Income Elasticities of Demand Costant?, Oxford Institute for Energy Studies EE16
- Fan, Ying, Hua Liaoa, Yi-Ming We [2007], Can market oriented economic reforms contribute to energy efficiency improvement? Evidence from China, *Energy Policy*, Vol.35, 2287–2295
- Gately, Dermot [1993], Oil Demand in the US and Japan: Why the Demand Reductions cause by the price increases of the 1970’s won’t be reversed by the price declines of the 1980s, *Japan and the World Economy*, Vol.5, 295-319
- Gately, Dermot and Hillard G, Huntington [2002], The Asymmetric Effects of Changes in Price and Income on Energy and Oil Demand, *The Energy Journal*, Vol. 23, 19-55
- Grubb, Michael [1995], Asymmetrical Price Elasticities of Energy Demand, in Barker, T., Ekins, P, Johnstone, N, (Eds), *Global Warming and Energy Demand*, Routledge, London, 305-310
- Grubb, Michael, Carlo Carraro, John Schellnhuber [2006], Endogenous Technological Change and the Economics of Atmospheric Stabilisation, *The Energy Journal*, Special Issue
- Griffin, James M., Craig Schulman [2005], Price Asymmetry: A Proxy for Energy Saving Technical Change?, *The Energy Journal*, Vol.26, 1-21.
- Haas, Reinhard, Lee Schipper [1998], Residential Energy Demand in OECD-countries and the roles of irreversible efficiency improvements, *Energy Economics*, Vol.20, 421-442.
- Hayami, Yujiro and Vernon W. Ruttan [1971], Induced Innovation in Agricultural Development, Discussion Paper No.3, May 1971, Center for Economics Research Department of Economics University of Minnesota Minneapolis, Minnesota
- Hicks, J.R. [1932], *The Theory of Wages*, London, MacMillan
- Huntington, Hillard G [2006], A Note on Price Asymmetry as Induced Technical Change, *The Energy Journal*, Vol.27, 1-8
- Köhler, Jonathan, Michael Grubb, David Popp and Ottmar Edenhofer [2006], The Transition to Endogenous Technical Change in Climate-Economy Models: A Technical Overview to the Innovation Modeling Comparison Project, *The Energy Journal*, Special Issue.
- Kumar, Surender, Shunsuke Managi [2009], Energy price-induced and exogenous technological change: Assessing the economic and environmental outcomes, *Resource and Energy Economics*, Vol.31, 334-353
- Ma, Hengyun, Les Oxley, John Gibson, Bonggeun Kim [2008], China's energy economy: Technical change, factordemand and interfactor/interfuel substitution, *Energy Economics*, Vol.30, 2167-2183
- Madsen, Jakob B. and Bill Z. Yang [1998], Asymmetric Price Adjustment in a Menu-cost Model,

Journal of Economics, Vol. 68, 295-309.

Milgrom, Paul, John Roberts [1992], *Economics, Organization and Management*, Prentice Hall, (邦訳) 奥野正寛, 伊藤秀史, 今井晴雄, 西村理, 八木甫 (訳) 『組織の経済学』, NTT 出版, 1997

Neto, David [2012], Testing and Estimating Time-varying Elasticities of Swiss Gasoline Demand, *Energy Economics*, Vol. 34, 1755-1762

Popp, David C. [2001], The effect of new technology on energy consumption, *Resource and Energy Economics*, Vol. 23, 215–239

Roy Jo [2006], Substitution and price elasticity estimates using inter-country pooled data in a translog cost model, *Energy Economics*, Vol. 28, 706-719

Sentenac-Chemin, Elodie [2012], Is the price effect on fuel consumption symmetric? Some evidence from an empirical study, *Energy Policy*, Vol. 41, 59–65

Wirl, Franz [1988], The asymmetrical energy demand pattern: some theoretical explanations, *OPEC Review*, Winter, 353-367

補論 エネルギー以外の財における非対称性の計測

価格に対する需要の反応の非対称性に関する研究は、そのほとんどがエネルギー財を対象としたものだが、少数ではあるが、マーケティングの分野において、消費財を対象とした分析が行われている（Pauwels, Srinivasan and Franses [2007], Casado and Ferrer [2013]）。

Casado 他 [2013] は、洗剤、トイレットペーパー、ソフトドリンク、肉類、フルーツジュース、ヨーグルトの各品目の複数のブランドを対象に分析を行っている。モデルでは、価格変化の程度に応じて、価格への感応度が異なり、その変化度合が十分に大きくなると、消費者は需要の価格への感応度を増大させると想定している。そのうえで、中心価格に対して、消費者の価格への感応度が変化する領域の閾値（threshold）が、価格の上下方向に非対称か否かについて実証分析を行っている。

その結果、ほとんどの商品で価格上昇方向の閾値は、価格下落方向の閾値よりも大きいことを確認している。Casado 他 [2013] は、この結果について、消費者の各商品のブランドに対する信頼があるため、と説明している。すなわち、価格上昇に対しては、ある程度までは許容し、極端に買い控える行動は行わない一方で、価格下落の場合には、買いだめなどで敏感に需要を増加させるためと考察している。

補論参考文献

- Casado, Esteban, Juan-Carlos Ferrer [2013], Consumer price sensitivity in the retail industry: Latitude of acceptance with heterogeneous demand, *European Journal of Operational Research*, Vol.228, 418–426
- Pauwels, Koen, Shuba Srinivasan, Philip Hans Franses [2007], When do price thresholds matter in retail categories?, *Marketing Science*, Vol.26, 83-100

第5章 実証分析の枠組み

内容

- 1 はじめに
 - 2 推定モデル
 - 3 データ
 - 3.1 エネルギー需要
 - 3.2 エネルギー価格
 - 4 モデルの推定方法
 - 4.1 カルマンフィルター・モデルのアルゴリズム
 - 4.2 カルマンフィルター・モデルの推定
 - 5 次章以降での実証分析の全体像
 - 6 エネルギー消費原単位の要因分解
 - 7 まとめ
- 参考文献

1 はじめに

ここまで、エネルギー価格の変化が需要に与える影響について、エネルギー需要の価格弾力性に関する理論と実証研究を中心に整理してきた。本章では、ここまでの整理をもとに、仮に途上国のエネルギー需要抑制策としてのエネルギー価格制度改革が行われ、エネルギー価格の変化が起こった場合、エネルギー需要にはどのような影響を与えるかについて、本論文で行う実証分析の枠組みを提示する。

まず、分析対象となるエネルギー需要はどのような特徴のある財なのか、エネルギー需要および価格データはどのように定義するのかについて整理する。そのうえで、第3章で取り上げたエネルギー需要関数の推定にあたっての課題を踏まえた分析方法を提示する。課題の1点目は、エネルギー需要に特有の非線形なトレンドをどのように扱うか、2点目は、価格変化に対するエネルギー需要の反応の非対称性をどのように扱うかである。最後に、推定されたパラメータを用いたエネルギー需要の変化要因を分解する手法を提示する。

2 推定モデル

第3章では、産業部門のエネルギー需要関数の基本モデルとして、以下の(3-12)式を導出した。ここで、 E はエネルギー投入、 Q は産業の生産規模、 p は投入エネルギー価格である。

$$\ln E_t = \mu_t + \alpha \ln Q_t + \beta \ln p_t + \gamma \ln E_{t-1} \quad (3-12)$$

以下の分析では、(3-12)式をもとに、第3章で整理した実証分析上の課題である「価格に対する反応の非対称性」と「需要トレンドの非線形性」を考慮した推定モデルを提示する。

まず、需要トレンドについては、Hunt 他 [2003] の定義にならい、生産規模やエネルギー価格以外の様々な要因の複合からなるトレンドとして捉える。Hunt 他 [2003] は、これを、"Underlying Energy Demand Trend" と呼び、カルマンフィルターを用いた状態空間モデルによって、未知のパラメータとして捉え、推定している。カルマンフィルターは誤差のある離散的な観測から、時間変化する量を推定するために用いられる手法で、元々は制御工学で用いられていたものである。しかし、誤差のある離散的な観測（観測方程式）と、時間変化する量の関係（状態方程式）の2つを組み合わせることで定式化できる対象であれば、制御分野に限らず幅広い分野に応用することが可能である。そこで、以下では、(3-12)式に Hunt 他 [2003] のモデルを摘要する。

(3-12)式を元に、エネルギー需要計 E 、業種別実質生産額 Q 、実質エネルギー価格 p として、エネルギー需要関数の誘導型を定式化したのが(5-1)式で、上述の観測方程式に相当する。ここで、(5-1)～(5-6)式における ε 、 ξ 、 ρ 、 η 、 ω 、 ν はそれぞれ正規分布に従う誤差項である。

$$\ln E_t = \mu_t + \alpha_t \ln Q + \beta_t \ln p_t + \gamma \ln E_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (5-1)$$

次の(5-2)、(5-3)式は、上述の状態方程式に相当する。ここで、上の(5-1)式の第1項目 μ_t が、(5-2)式で示す「需要トレンドの水準」に、(5-2)式の2項目 ϕ_t が、(5-3)式で示す「需要トレンドの傾き」に相当する。

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \phi_t + \xi_t, \quad \xi_t \sim N(0, \sigma_\xi^2) \quad (5-2)$$

$$\phi_t = \phi_{t-1} + \rho_t, \quad \rho_t \sim N(0, \sigma_\rho^2) \quad (5-3)$$

生産弾力性 α 、価格弾力性 β を時変パラメータとし、各々 (5-4)、(5-5) 式のように定式化する。

$$\alpha_t = \alpha_{t-1} + \eta_t, \quad \eta_t \sim N(0, \sigma_\eta^2) \quad (5-4)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \omega_t, \quad \omega_t \sim N(0, \sigma_\omega^2) \quad (5-5)$$

ここで、(5-4) 式は、(5-6) 式で示すトレンド成分モデルにおいて、 $k=1$ とした基本的なモデルであるランダムウォークモデルに相当する。(5-5)式も、(5-4)式と同様の性格を持つ。

$$\Delta^k \alpha_t = v_t, \quad v_t \sim N(0, \sigma_v^2) \quad (5-6)$$

ただし、 Δ^k は k 次の差分を示す。

次に、「価格に対する反応の非対称性」を考慮するために、(5-1) 式の価格変数 p_t について、Haas 他 [1998]、Gately 他 [2002] を参考に、価格上昇時と価格下降時の 2 変数とする場合と、最高価格更新時、それ以外の価格上昇時、価格下降時の 3 変数とする場合の 2 種類の価格変数を作成する。まず 2 変数とする場合については、各変数は以下のように定義する。ただし P^{inc} は、価格上昇時の累積価格、 P^{dec} は、価格下降時の累積価格を示す。

$$p_0^{inc} = p_0^{dec} = (p_0)^{1/2} \quad (5-7)$$

$$p_t^{inc} = p_{t-1}^{inc} \times \max(1, p_t/p_{t-1}) \quad (5-8)$$

$$p_t^{dec} = p_{t-1}^{dec} \times \min(1, p_t/p_{t-1}) \quad (5-9)$$

これらは、以下を満たす。

$$p_t = p_t^{inc} \times p_t^{dec} \quad (5-10)$$

従って以下のように分割可能である。

$$\ln p_t = \ln p_t^{inc} + \ln p_t^{dec} \quad (5-11)$$

同様に 3 変数とする場合については、各変数は以下の(5-12) 式～(5-15) 式のように定義する。ただし、 p^{max} は価格の最高価格更新時の累積価格、 p^{sub} は、それ以外の価格上昇時の累積価格、 p^{dec} は価格下降時の累積価格である。

$$p_0^{max} = p_0^{sub} = p_0^{dec} = (p_0)^{1/3} \quad (5-12)$$

$$p_t^{max} = p_{t-1}^{max} \times \max\{1, \max(p_0^{max}, p_1^{max}, \dots, p_t^{max}) / \max(p_0^{max}, p_1^{max}, \dots, p_{t-1}^{max})\} \quad (5-13)$$

$$p_t^{sub} = p_{t-1}^{sub} \times \max \left\{ 1, \frac{p_{i-1}^{max}/p_{i-1}}{p_i^{max}/p_i} \right\} \quad (5-14)$$

$$p_t^{dec} = p_{t-1}^{dec} \times \min \left\{ 1, \frac{p_{i-1}^{max}/p_{i-1}}{p_i^{max}/p_i} \right\} \quad (5-15)$$

これらは以下を満たす。

$$p_t = p_t^{max} \times p_t^{sub} \times p_t^{dec} \quad (5-16)$$

従って以下のように分割可能である。

$$\ln p_t = \ln p_t^{max} + \ln p_t^{sub} + \ln p_t^{dec} \quad (5-17)$$

価格に対する反応の非対称性を想定した最終的な観察方程式は、価格上昇時と下降時の2種類の価格を用いる場合、(5-1) 式の価格 p_t を、 $p_t^{inc} \times p_t^{dec}$ で置き換えるので、以下のよう書き換えられる。

$$\ln E_t = \mu_t + \alpha_t \ln Q_t + \beta 1_t \ln p_t^{inc} + \beta 2_t \ln p_t^{dec} + \gamma \ln E_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (5-18)$$

3 データ

以下では、分析に用いるデータである、エネルギー需要、エネルギー価格のそれぞれについて整理する。

3.1 エネルギー需要

エネルギー需要データについては、IEA のエネルギーバランス表から、産業部門の業種別最終エネルギー消費合計を用いた。エネルギーバランス表は、エネルギー生産・転換・消費の各主体からなる縦列と、各エネルギー源からなる横列で構成されている。各エネルギーは、熱量換算されており（表では石油換算トン）、投入側と産出側のエネルギーのバランスが記述されていることから、エネルギーバランス表と呼ばれる。表 5-1 は、簡略化したエネルギーバランス表を示している。

表 5-1 エネルギーバランス表のイメージ（日本，2010年）

石油換算 千トン	石炭等	高炉ガス	コークス	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	再エネ	電力	熱	合計
国内生産	-	-	-	695	-	3,209	75,114	7,070	10,704	-	-	96,791
輸入	114,712	-	617	184,613	44,537	82,788	-	-	-	-	-	427,267
輸出	-14	-	-458	-	-17,572	-	-	-	-	-	-	-18,044
在庫変動	-	-	93	772	119	18	-	-	-	-17	-	985
一次エネルギー供給	114,698	-	253	186,080	-	86,015	75,114	7,070	10,687	-	-	496,849
エネルギー転換部門	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
発電	-56,242	-5,395	-	-4,131	-13,896	-53,959	-75,114	-7,071	-7,194	95,525	-	-127,477
石油精製	-	-	-	-183,837	184,668	-	-	-	-	-	-	831
高炉	-5,871	10,715	-21,902	-	-	-	-	-	-	-	-	-17,058
コークス炉	-29,158	-	29,641	-	-366	-	-	-	-	-	-	-
自家消費	-1,557	-1,485	-	-1	-8,482	-3,346	-	-	-	-5,019	-	-19,916
ロス	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-4,247	-	-4,247
最終エネルギー消費	16,960	3,835	7,875	533	170,838	34,452	-	-	3,345	86,158	583	324,579
産業部門	16,156	3,835	7,824	28	22,978	7,803	-	-	2,713	28,691	-	90,028
鉄鋼	6,200	3,633	2,768	-	1,695	1,973	-	-	9	5,476	-	21,754
化学	2,884	73	70	28	8,402	1,135	-	-	35	4,382	-	17,009
非鉄	36	23	169	-	263	54	-	-	3	1,456	-	2,004
窯業土石	3,414	8	204	-	1,668	422	-	-	147	1,969	-	7,832
輸送機械	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
その他機械	6	-	102	-	740	1,459	-	-	-	6,519	-	8,826
鉱業	1	-	4	-	106	109	-	-	-	76	-	296
食品・タバコ	-	-	-	-	1,767	1,239	-	-	-	1,484	-	4,490
紙・パ	1,429	-	1	-	744	440	-	-	2,519	2,618	-	7,751
木材・木製品	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
建設	1	-	-	-	3,110	716	-	-	-	68	-	3,895
繊維・皮革製品	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
その他産業	2,183	98	4,507	-	4,484	255	-	-	-	4,644	-	16,171
輸送部門	-	-	-	-	75,288	-	-	-	-	-	1,659	-
民生部門	-	-	51	-	33,881	26,292	-	-	632	55,807	583	117,246
家庭	-	-	-	-	13,826	9,167	-	-	414	26,253	30	49,690
業務	-	-	51	-	16,701	17,125	-	-	131	29,153	552	63,713
非エネルギー消費	344	-	-	505	38,692	357	-	-	-	-	-	39,898

注) 主要部門のみ記載していることから、列和、行和は各合計とは一致しない。

出所) IEA, Energy Balance Table より作成

まず縦列は、総エネルギー供給ブロック、エネルギー転換ブロック、最終エネルギー消費ブロックの3つからなる。総エネルギー供給ブロックでは、エネルギーの生産、輸出入、在庫変動から、国内一次エネルギー総供給量を求めている。

エネルギー転換ブロックは、燃料等を投入して電力を産出する発電部門、原油等を投入して石油製品を産出する石油精製部門などからなる¹。各転換部門を横方向に見ると、マイナスでの表記はエネルギー投入を、プラスでの表記はエネルギーの産出を意味する。

最終エネルギー消費ブロックは、産業、運輸、民生の各エネルギー消費部門とアスファルトや潤滑油などの非エネルギー消費部門からなる。産業部門は農林水産業、製造業各業種、鉱業、建設業などからなる。民生部門は、家庭部門、業務部門からなる。このうち本論文では、産業部門に焦点を当て分析を行う。

横列は、石炭、石炭製品、原油、石油製品、天然ガス、水力、原子力に加え、地熱、バイオマス、太陽光・風力などの再生可能エネルギー、電力、熱からなる。化石燃料や水力、原子力などの一次エネルギーだけでなく、これらから生成される電力や熱も同時に表記されている。

¹原料炭からコークスを産出し、コークスガスを副生するコークス炉部門や、原料炭、コークスから粗鋼を生産し、高炉ガスを副生する高炉部門などからなる。表には主要なもののみ示しているが、この他にも、熱プラント部門やコージェネレーション部門などがある。

本論文は、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から、エネルギー量の集計値については、Vouyoukas [1995]、永田 [1995]、天野 [2003]、星野 [2013] と同様に、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。エネルギーの集計方法としては、このほかにコストシェアによる集計方法があり、電化の進展など、エネルギーの質的变化（エネルギー消費がよりコストの高いエネルギー源にシフトする）を捉えることに適している。本論文では、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のできる熱量ベースでの集計値を用いている²。

3.2 エネルギー価格

エネルギー価格データは、IEA の Energy Prices and Taxes の産業別エネルギー源別価格をもとに、業種ごとの集計価格を推定した。産業用の第 j エネルギーの価格を p_j 、第 i 業種の第 j エネルギーの投入量を E_{ij} とすると、第 i 業種の集計価格 p_i は以下のように推計する。

$$p_i = \frac{E_{ij}}{\sum_j E_{ij}} p_j \quad (5-19)$$

ただし $j =$ 石炭、石油、天然ガス、電力である。

推計されたエネルギー価格は名目価格である。これを、GDP デフレーターでデフレートし、実質価格とする。

4 モデルの推定方法

以下 4.1 節は、北川 [2011] の 9 章から、引用・一部編集したものである。

4.1 カルマンフィルター・モデルのアルゴリズム

以下のような状態空間モデルを想定する。(5-20) 式は状態方程式、(5-21) 式は観測方程式である。

² ただし、鉄鋼部門に関しては、転換部門の高炉部門、コークス部門における副生ガス、熱について、適当な価格データを得ることが難しいため、鉄鋼部門の最終エネルギー消費量から、コークス、コークス炉ガス、高炉ガス投入量を差し引く代わりに、鉄鋼コークス部門での原料炭投入量を加えた。

$$x_t = F_t x_{t-1} + G_t v_t \quad (5-20)$$

$$y_t = H_t x_t + w_t \quad (5-21)$$

y_t は l 変量の観測ベクトル、 x_t は k 次元の状態ベクトルである。 v_t は m 次元の状態ノイズで、平均ベクトル 0 、分散共分散行列 S_t に従うホワイトノイズである。 w_t は l 次元の観測ノイズで、平均ベクトル 0 、分散共分散行列 R_t に従うホワイトノイズである。 F_t , G_t , H_t は、それぞれ (k,k) , (k,m) , (l,k) の行列である。

今、観測値 $Y_j = \{y_1, \dots, y_j\}$ を元に、 t 期における状態 x_t の推定を行う場合を考える。一般に、観測値 $\{y_1, \dots, y_j\}$ が与えられたもとでの状態 $\{x_1, \dots, x_t\}$ の条件付き同時分布を求めるには、膨大な計算資源が必要であるが、これを逐次的な計算アルゴリズムによって、効率的に計算するのが、カルマンフィルターのアルゴリズムである。

状態 x_t の条件付き平均 $x_{t|j}$ と分散共分散行列 $V_{t|j}$ を次のように表す。

$$\begin{aligned} x_{t|j} &\equiv E(x_t | Y_j) \\ V_{t|j} &\equiv E[(x_t - x_{t|j})(x_t - x_{t|j})^T] \end{aligned} \quad (5-22)$$

ここで、 $j = t$ の場合は、観測区間の最終時点である現在の状態を推定する問題となり、「フィルタ」と呼ばれる。 $j < t$ の場合は、観測区間より先の将来の状態を推定する問題となり、「予測」と呼ばれる。カルマンフィルターで直接取り扱うのは、 $j = t - 1$ の場合である「1期先の予測」と、 $j = t$ の場合である「フィルタ」である。「1期先の予測」と「フィルタ」を交互に繰り返すことで、逐次的に状態の推定を行っていくアルゴリズムである。

まず、「1期先の予測」は、次のように行われる。

$$\begin{aligned} x_{t|t-1} &= F_t x_{t-1|t-1} \\ V_{t|t-1} &= F_t V_{t-1|t-1} F_t^T + G_t S_t G_t^T \end{aligned} \quad (5-23)$$

次に、「フィルタ」の計算は、以下のように行われる。まず、カルマンゲインと呼ばれる K_t が求められ、予測誤差にカルマンゲインを乗じたものを、予測ベクトル $x_{t|t-1}$ に加算して x_t のフィルタの平均ベクトル $x_{t|t}$ と分散共分散行列 $V_{t|j}$ が求められる。

$$\begin{aligned} K_t &= V_{t|t-1} H_t^T (H_t V_{t|t-1} H_t^T + R_t)^{-1} \\ x_{t|t} &= x_{t|t-1} + K_t (y_t - H_t x_{t|t-1}) \\ V_{t|t} &= (I - K_t H_t) V_{t|t-1} \end{aligned} \quad (5-24)$$

4.2 カルマンフィルター・モデルの推定

モデルの推定および統計的検定には、カルマンフィルター・モデルの推定に関して定評

があり、Hunt 他 [2003] で用いられている STAMP8.2 (Koopman, Harvey, Doornik and Shephar [2009]) ソフトウェアを用いた。STAMP (Structural Time Series Analyser, Modeller and Predictor) は、カルマンフィルターなどの状態空間時系列モデルの構築やそれを用いた予測を行うことのできる計算ソフトウェアで、Harvey [1989] の著者である、LSE (ロンドン・スクール・オブ・エコノミクス) の Harvey 教授の開発によるものである。推定結果の検定や解釈は、Commandeur and Koopman [2007] に準拠した。

5 次章以降での実証分析の全体像

次章以降では、本章で提示した分析枠組みを、対象とする国や業種を絞りながら適用し、分析を進める。表 5-2 は、章別に、分析目的、対象国、対象業種、対象期間、利用データを整理したものである。

表 5-2 次章以降での実証分析の全体像

	対象国	対象業種	対象期間	利用データ
第6章	日本	鉄鋼	1956-2009	EDMC
日本の業種別分析		化学	1956-2009	EDMC
・分析枠組みの構築		紙パ	1956-2009	EDMC
・エネルギー多消費産業の特徴		窯業土石	1956-2009	EDMC
・日本の高度成長期の経験		非鉄	1956-2009	EDMC
・途上国への分析手法の適用可能性		食品	1956-2009	EDMC
		繊維	1956-2009	EDMC
		機械	1956-2009	EDMC
第7章	日本	鉄鋼	1981-2009	IEA
日中韓のエネルギー多消費産業		化学	1961-2009	IEA
・途上国(中国)、韓国との比較		紙パ	1971-2009	IEA
日本に固有なことなのか否か		窯業土石	1961-2009	IEA
・業種間の比較、特徴	韓国	鉄鋼	1971-2009	IEA
		化学	1982-2009	IEA
		紙パ	1972-2009	IEA
		窯業土石	1982-2009	IEA
	中国	鉄鋼	1972-2009	IEA
		化学	1981-2009	IEA
		紙パ	1981-2009	IEA
		窯業土石	1981-2009	IEA
第8章	インド	窯業土石	1979-2009	IEA
12か国の窯業土石産業	インドネシア	窯業土石	1991-2009	IEA
・経済発展段階の違いによる差異	タイ	窯業土石	1980-2009	IEA
	メキシコ	窯業土石	1986-2010	IEA
	ポーランド	窯業土石	1987-2010	IEA
	台湾	窯業土石	1979-2009	IEA
	英国	窯業土石	1979-2010	IEA
	フランス	窯業土石	1981-2010	IEA
	オーストリア	窯業土石	1979-2010	IEA

次章以降では、ここまで示してきた分析枠組みを用いて、産業用のエネルギー需要に関して、業種・国別の実証研究を行う。ここで産業部門を対象としたのは、2つの理由による。1点目は、途上国の経済成長に伴う工業化の段階で、最初に立ち上がるのはセメントや鉄鋼といったエネルギー多消費産業であることから、途上国における省エネを考える場合には、産業部門の分析が重要となるためである。2点目は、国際競争に晒されやすい産業部門と比較して、民生、運輸部門のエネルギー需要は、国内の市場構造、気候や地理的条件など地

域別の特性に影響されやすいためである。特に途上国を対象とした分析では、これら要因を考慮した分析を行うためには、データ制約が大きいと考えられる。

表 5-2 の各行で示す国・業種の組み合わせそれぞれについて、5 列目に示すデータソースから、4 列目で示す対象期間について、本章の 2 節で示したモデルを、3 節で示したデータを用い、4 節で示した方法で推定する。

まず、次の第 6 章では、日本の産業部門を対象に、エネルギー多消費産業だけではなく、非多消費産業についても分析を行った。戦後の高度経済成長期以降の長期間を対象とした分析により、同じく高度経済成長期にある途上国への示唆を得る。また、分析対象期間を前半、後半に分割した場合の分析結果を比較することで、入手可能なデータが 30 年程度に限られる途上国においても、同様の枠組みを用いた分析が適用可能であるか否かについて検証を行う。

続いて第 7 章では、エネルギー多消費産業を対象を絞り、同じく東アジアの工業国である韓国、中国についても同様の分析枠組みを用いることで、第 6 章で得られた分析結果が、日本固有のものなのか、国際間でも共通して観察されるのかについて考える。

最後に第 8 章では、経済発展段階の違いによる影響の差異をみるために、エネルギー多消費産業であり、技術構造がシンプルで国際比較が容易な窯業土石産業（セメント産業を含む）について、先進国も含めたより広範な国を対象とした分析を行う。

6 エネルギー消費原単位の要因分解

ここまでは、よりロバストな推定パラメータを得るための分析枠組みを検討してきた。この分析枠組みによって、エネルギー需要関数を特徴づける各種のパラメータを推定することができる。次にこの推定パラメータを用いて、過去のエネルギー需要が、どのような要因によって変化してきたのかを明らかにするための分析枠組みを提示する。ここでは、省エネの指標として用いられることの多い、エネルギー消費原単位に着目する。エネルギー消費原単位は、一単位の生産物を生産するために投入されたエネルギーの総量(E_t/Q_t) として定義し、(5-18)式の推定パラメータを用いて以下のように定式化できる。

$$\ln(E_t/Q_t) = \mu_t + (\alpha_t - 1)\ln Q_t + (\beta 1_t - \beta 2_t)\ln p_t^{inc} + \beta 2_t \ln(p_t^{inc} p_t^{dec}) + \epsilon_t \quad (5-25)$$

ここで、 Δ を前期からの変分とすると、エネルギー消費原単位の変化率を、以下の(5-26)式で 4 つの要因に分解することができる。ここで右辺の第 1 項目は「需要トレンド変化要因」、第 2 項目は「生産規模（拡大）効果要因」と呼ぶ。

$$\begin{aligned} \Delta \ln(E_t/Q_t) = & \Delta \mu_t + (\alpha_t - 1)\Delta \ln Q_t + (\beta 1_t - \beta 2_t)\Delta \ln p_t^{inc} \\ & + \beta 2_t \Delta \ln(p_t^{inc} p_t^{dec}) + \Delta \epsilon_t \end{aligned} \quad (5-26)$$

右辺の第3項目は、上昇時の価格弾力性と下降時の価格弾力性の差に相当する部分の寄与で、「非対称的価格効果要因」と呼ぶ。これは、エネルギー価格上昇時に、第4章で整理した複数の要因を背景とした価格に対する反応の非対称性によって起きるエネルギー需要の減少効果である。この「非対称的価格効果」は、価格上昇によって起こされ、同程度の価格低下によっても相殺されない不可逆的な省エネ効果を捉えていると考える。これに対して、右辺の第4項目は、価格の上昇・下降に関わらず価格変化に対して対称的に反応する「対称的価格要因」を表す。

7 まとめ

本章では、先行研究で明らかになった価格弾力性の推定に関する課題に対処するための分析枠組みを構築した。課題の1点目は、エネルギー需要の非線形なトレンドをどのように扱うか、2点目は、価格変化に対するエネルギー需要の反応の非対称性をどのように扱うかである。

データに関しては、国際比較を可能にするために、IEAのデータに準拠した。エネルギー需要については、同 Energy Balance Table を、エネルギー価格については、同 Energy Prices and Taxes をもとに、分析用のデータベースを作成した。

分析用のモデルは、強いトレンドを持つエネルギー需要の分析を可能にするために、非線形な需要トレンドを未知のパラメータとした状態空間モデルを用いて推定した。また、前章で整理した、価格に対する反応の非対称性に対処するために、価格変数を価格の上昇期、下降期に分割して用いた。

最後に、推定した需要関数のパラメータを用いて、各要因が需要変化に与えた影響の大きさを確認するための要因分解の方法を提示した。以上で、本論文で行う実証分析の枠組みは整った。次章以降では、表5-2で示した順に、実際に本論文で行った実証分析の結果をまとめていきたい。

参考文献

天野明弘 [2003], 『環境経済研究』第3章, 有斐閣

- 北川源四郎 [2011], 『時系列解析入門』, 岩波書店
- 永田豊 [1995], 『エネルギー間競争モデル』, 「中期経済社会・エネルギー展望 95」第 7 章, 電力経済研究電力経済研究第 35 号
- 星野優子 [2011], 『日本のエネルギー需要の価格弾力性の推計－非対称性と需要トレンドの影響を考慮して－』, 電力中央研究所研究報告 Y09029
- 星野優子 [2013], 『日本の製造業業種別エネルギー需要の価格弾力性の推計－国際比較のための分析枠組みの検討－』, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.34, No.1
- Commandeur, Jacques J.F., Siem Jan Koopman [2007], *An Introduction to State Space Time Series Analysis*, Oxford
- Gately, Dermot and Hillard G. Huntington [2002], The Asymmetric Effects of Changes in Price and Income on Energy and Oil Demand, *The Energy Journal*, Vol.23, 19-55
- Griffin, James M., Craig Schulman [2005], Price Asymmetry: A Proxy for Energy Saving Technical Change?, *The Energy Journal*, Vol.26, 1-21
- Haas, Reinhard, Lee Schipper [1998], Residential Energy Demand in OECD-countries and the roles of irreversible efficiency improvements, *Energy Economics*, Vol 20, 421-442
- Harvey, Andrew C. [1989], *Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, Cambridge University
- Hunt, Lester C., Guy Judge, Yasushi Ninomiya [2003], Underlying trends and seasonality in UK energy demand: a sectoral analysis, *Energy Economics*, Vol.25, 93-118
- IEA [各年版], *Energy Balance Tabale*
- IEA [各年版], *Energy Prices and Taxes*
- Koopman, Siem Jan, Andrew C. Harvey, Jurgen A. Doornik and Neil Shephar [2009], STAMP 8.2, OxMetrics6
- Vouyoukas, Lakis [1995], “Elasticities for OECD aggregate final energy demand” in Barker, T., Ekins, P., Johnstone, N. (Eds), “Global Warming and Energy Demand”, Routledge, London

第 6 章 日本についての分析

内容

- 1 はじめに
- 2 データ
- 3 価格弾力性の推定結果
- 4 需要トレンドの推定結果
- 5 エネルギー消費原単位の要因分解
- 6 途上国への分析枠組みの適用可能性について
- 7 まとめと考察
 - 7.1 価格に対する反応の非対称性と価格弾力性の可変性について
 - 7.2 分析結果の考察

参考文献

補論 エネルギー以外の財における非対称性の計測

1 はじめに¹

本論文では、途上国において低く抑えられているエネルギー価格を引き上げることによる、需要の抑制効果について、エネルギー需要の価格弾力性に着目して分析を進めている。第 3 章の先行研究の整理から、エネルギー需要の価格弾力性の推定にあたって留意すべき事項として 2 つの課題があることがわかった。1 点目は、価格の上昇時と下降時とで価格弾力性が異なる可能性があること、2 点目は、エネルギー需要は非線形なトレンドを持つ場合が多いことである。前章では、これらの課題を考慮した実証分析の枠組みを提示した。

本章では、まず、第 5 章で提示した分析枠組みを、途上国に比べて長期間のデータが入手可能な日本の産業部門のエネルギー需要の分析に適用する。戦後の高度経済成長が本格化した 1955 年以降を対象に分析することで、日本の産業部門において、エネルギー価格が省エネに与えた影響を明らかにする。そこから得られた分析結果は、現在、経済成長過程にある途上国にも示唆を与えてくれるものと考えた。また、第 5 章で提示した分析枠組み

¹ 本章の内容は、星野[2013] で報告した。

について、より観察期間が短い途上国に適用することの妥当性についても日本を対象とした実証分析を通じて確認したい。

2. データ

エネルギー需要データは、日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット[各年版 a] が作成する EDMC²エネルギーバランス表から、産業部門の業種別最終エネルギー消費合計を用いた。同表では、1955 年度以降の長期の部門（業種）別・エネルギー源別のデータが利用可能である。分析には、熱量単位で集計した業種別のエネルギー最終消費量の合計値を用いる。

図 6-1～2 は、1955 年以降の日本の製造業の業種別エネルギー最終消費の集計量である。規模が異なるため、図 6-1 は、エネルギー消費量の大きな業種である鉄鋼・化学の規模に合わせて示している。鉄鋼のエネルギー消費量は、第一次石油危機直前がピークで、それ以降、1980 年代半ばまで減少した。その後のエネルギー消費量はほぼ横ばいである³。化学のエネルギー消費量は、第一次・第二次石油危機後にいったん減少に転じたが、その後、再び増加に転じている⁴。

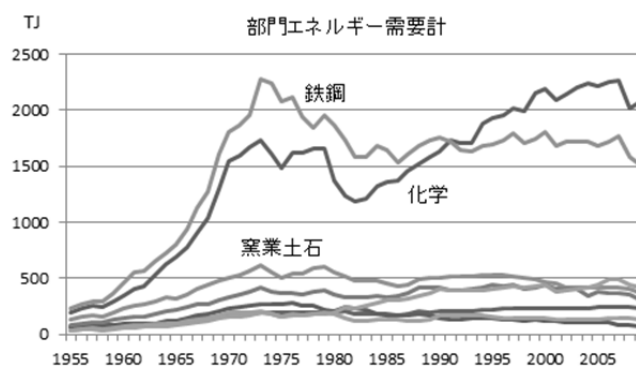


図 6-1 製造業の業種別エネルギー最終消費（鉄鋼・化学）

² 日本エネルギー経済研究所エネルギー分析ユニット The Energy Data and Modelling Center。

³ ここでの鉄鋼業のエネルギーバランスの計上方法は、第5章で整理した IEA 統計とは異なる。IEA 統計では、原料炭をコークス炉で蒸し焼きにしたときの副生ガスであるコークス炉ガスと、コークスを高炉に投入して、鉄鉱石と化学反応して発生する副生ガスである高炉ガスを、鉄鋼業の最終エネルギー消費に計上している。これに対して、EDMC データの鉄鋼部門のエネルギー最終消費量は、コークス炉、高炉で利用する原料炭を含み、高炉ガス、コークス炉ガスを控除している。

⁴ 化学産業において、石油製品であるナフサは、エチレン製造の原料として使用されるため、総合エネルギー統計では、エネルギー最終消費ではなく、非エネルギー消費として計上されている。これに対して EDMC データの化学産業のエネルギー最終消費量には、化学原料用のナフサも含まれる。

図 6-2 は、鉄鋼・化学以外の業種における最終エネルギー消費の集計量をみたものである。多くの業種において、第一次・第二次石油危機を契機とした需要減少とその後の需要停滞がみられるなかで、機械産業では、その後も需要の増加が続いていることがわかる。

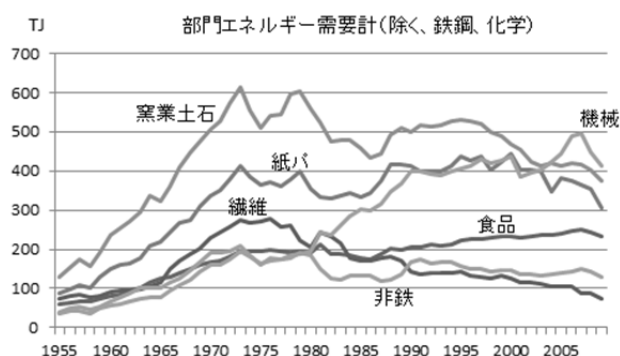


図 6-2 製造業の業種別エネルギー消費（鉄鋼・化学以外）

業種別の生産額データについては、同じく EDMC[各年版 b] を用いた。1965 年以前については、「工業統計表」の業種別生産額を元に、日本銀行統計局 [1966] の「本邦主要経済統計」の品目別卸売物価指数で実質化した系列を用いて推定した。章末の付図 6-1～2 は、その推移をみたものである。実質生産額をみても、多くの業種において石油危機後の生産額の減少とその後の停滞が確認できる。その中で、食品、機械、化学では、石油危機後も実質生産額の大きな落ち込みはなく、1990 年初頭のバブル経済の時期まで、生産の拡大が続いている。

図 6-3 は、製造業の業種別にみた、エネルギー消費原単位の推移である。エネルギー消費原単位は、一単位の生産を行うのに必要としたエネルギー投入量であり、この値が小さいほど、エネルギー効率が良いことを意味することから、省エネルギーの指標として用いられている。多くの業種で、エネルギー消費原単位が低下する傾向にあることを確認できるが、鉄鋼については、1990 年代後半に急上昇している。この一因として電炉のシェアの低下があげられる。鉄鉱石から粗鋼を生産する高炉に比べて、鉄くずなどのスクラップを原料にする電炉では、生産に必要なエネルギー消費は大幅に小さくなる。鉄鋼製品の高付加価値化に伴って、この時期に高炉鋼の需要が高まったことが背景にある。



図 6-3 製造業の業種別エネルギー消費原単位

エネルギー価格データについては、EDMC [各年版 b] を用いた。ただし、同データの収録は 1965 年以降であるため、1965 年以前のデータについては、「石油統計年報」、「電気事業便覧」、「石炭政策史」のデータを参照し、連続しない場合にはこれらを用いて推定した。

業種別のエネルギー価格は、2000 年の A 重油卸売価格を 1 として指数化した各エネルギー価格を用いて、各業種別に主要なエネルギー源別（投入エネルギー種別は、EDMC [各年版 b] に準じる）の需要量で加重平均して集計価格を推計し、GDP デフレーターで実質化した。図 6-4 は業種別に実質価格の推移をみたものである。業種間で比較すると、価格上昇、下降のタイミングは似通っているものの、その変化幅は、エネルギー構成比の違いを反映して、業種間で異なる⁵。電力や石油系燃料のシェアが大きい機械、非鉄、紙パ、食品に比べ、石炭投入シェアが大きい窯業土石、鉄鋼、化学は、平均価格は相対的に低めで、変化幅も小さいことが確認できる。

最後に、図 6-4 で示した業種別のエネルギー実質価格について、それぞれ、第 5 章の(5-8)、(5-9) 式を用いて、価格上昇時、下降時の価格変数を作成したものを付図 6-6 に、(5-13) 式～(5-15)式を用いて最高価格更新時、それ以外の価格上昇時、価格下降時の価格変数を作成したものを付図 6-7 に示す。実質価格で見た場合には、分析対象期間において、価格上昇期、下降期がともに複数回存在することから、価格に対する反応の非対称性を想定した分析は可能と判断した。

⁵ 業種別に見たエネルギー源別投入を章末の付図 6-4 に示す。

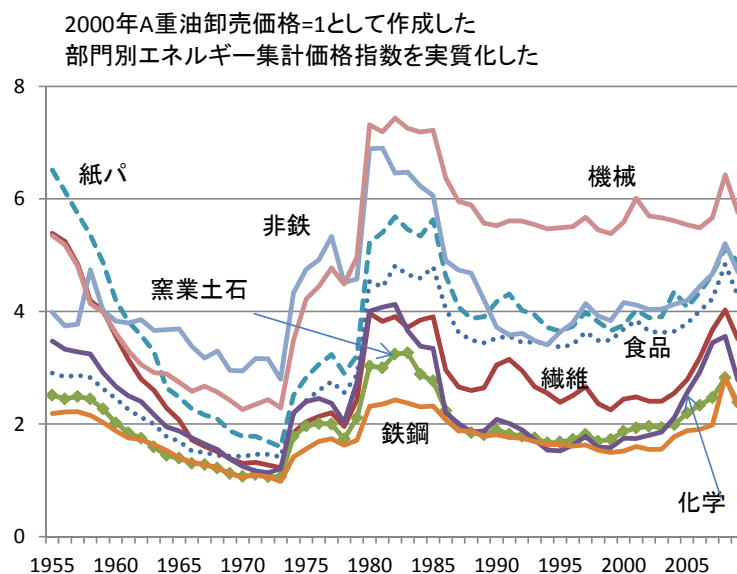


図 6-4 製造業の業種別エネルギー実質価格

3 価格弾力性の推定結果

分析に用いたエネルギー需要関数の定式化は、第 5 章で示した通りである。パラメータの推定および統計的検定には、STAMP8.2 (Koopman 他 [2009]) ソフトウェアを用いた⁶。推定期間は、1956 年から 2009 年までの 53 年間である。最終的なモデル選択は、星野 [2011] の推定結果を参考に、価格、生産変数の当期、前期値、自己ラグの有無の 12 通りの組み合わせを対象におこなった。それぞれについて、第 5 章の(5-2)、(5-3) 式の需要トレンドに関する μ_t 、 φ_t の定式化を変えたモデルのなかから、各統計的検定で問題ないと判断されたものを選び、そのうち AIC 基準⁷をもとに最良のモデルを決定した。付表 6-2 は、価格 2 種の場合についての各パラメータの推定値、および統計的検定の結果である。誤差項の正規性、分散均一性、系列相関の有無等についての検定では良好な結果を得ている。

表 6-1 に、(3-12) 式のパラメータから $\beta/(1-\gamma)$ で求めた業種別の長期価格弾力性(以下では、簡単のため単に価格弾力性と呼ぶ) の推定結果をまとめた。ただし鉄鋼、化学、窯業土石以外は、 $\gamma=0$ と推定され、短期、長期の価格弾力性は等しくなる。表 6-1 では、価格上昇時、下降時の 2 種類の場合、最高価格更新時を加えた 3 種類の場合、さらに比較のために、価

⁶ 詳細は第 5 章を参照。

⁷ Akaike Information Criteria (赤池情報量基準) の略で、複数のモデルから、最も望ましいモデルを選択する時に参照する。この値が小さいほど望ましいモデルとされる。

格に対する反応の非対称性を考慮しない場合の3通りの結果を示している。

表 6-1 業種別の長期価格弾力性の推定結果

	エネルギー集約産業					エネルギー非集約産業		
	鉄鋼	化学	紙・パ	窯業土石	非鉄	食品	繊維	機械
価格2種								
価格上昇時	-0.16	-0.14	-0.20	-0.22	-0.41	-0.07	0.00	-0.05
価格下降時	-0.11	-0.08	-0.21	-0.05	-0.10	-0.20	-0.25	-0.09
(参考)価格3種								
最高価格更新時*2	-10.94	-4.36	-0.23	-0.63	-0.36	-0.08	3.36	0.60
それ以外の価格上昇時	-0.27	-0.10	-0.20	-0.13	-0.43	-0.07	-0.25	-0.19
価格下降時	-0.19	-0.11	-0.20	-0.03	-0.10	-0.20	-0.21	-0.07
(参考)価格1種								
平均	-0.10	-0.15	-0.14	-0.14	-0.49	-0.10	-0.32	-0.10
最大	-0.17	-0.15	-0.14	-0.26	-0.62	-0.10	-0.45	-0.13
最小	-0.05	-0.15	-0.14	0.01	-0.24	-0.10	-0.16	-0.07

注 1 (5-1)式の $\beta/(1-\gamma)$ で求めた長期価格弾力性値である。鉄鋼、化学、窯業土石以外は、 $\gamma=0$ である。

2 価格3種の推計結果のうち、期間中に最高価格更新時の累積価格がほとんど変化しない鉄鋼、化学、繊維、および価格弾力性がプラスになっている繊維、機械は参考値である。

(1) 価格に対する反応の非対称性

表 6-2 は、価格に対する反応の非対称性の有無について、価格 2 種の場合の推定値を対象に検定した結果で、以下の(6-1) 式で示す「ウェルチの平均値の差の検定」の検定量である t 値をみたものである。例えばここで $\bar{\beta 1}$ は(5-18)式の $\beta 1_t$ を固定係数として推定したときの推定結果を、 $s_{\beta 1}^2$ は $\beta 1$ の標準偏差を、 n は標本数を示している。 $\bar{\beta 2}$ 、 $s_{\beta 2}^2$ の定義もこれに倣う。

$$t = \frac{\bar{\beta 1} - \bar{\beta 2}}{\sqrt{\frac{s_{\beta 1}^2}{n} + \frac{s_{\beta 2}^2}{n}}}$$

(6-1)

価格上昇時の価格弾力性と価格下降時の価格弾力性の両者の値に差がないという帰無仮説をたて、(6-1) 式で求めた値について t 検定したところ、紙パ、繊維、機械産業を除く産業で帰無仮説は棄却され、両者の間に有意な差があることが確認できた。

表 6-2 価格上昇時と下降時での価格弾力性の差の検定

業種	t値	業種	t値
鉄鋼	3.14**	非鉄	12.65**
化学	1.92**	食品	-6.77**
紙パ	-0.32	繊維	1.25
窯業土石	9.72**	機械	-1.60*

注) **は片側5%水準、*は同10%水準で有意。

図 6-5 は、上昇時、下降時の2種類の価格変数を用いて推定したときの、価格弾力性の推定結果の継時変化である。時変パラメータとして推定を行ったが、結果的に、同図右下の機械産業の下降時を除いては、パラメータの推定結果に期間中の変化は見られなかった。また、多くの業種において、価格上昇時と下降時とで異なる価格弾力性が計測されており、価格の非対称性を確認することができる。特に、紙パを除くエネルギー多消費産業では、価格上昇時の弾力性の方が高い傾向が確認された。

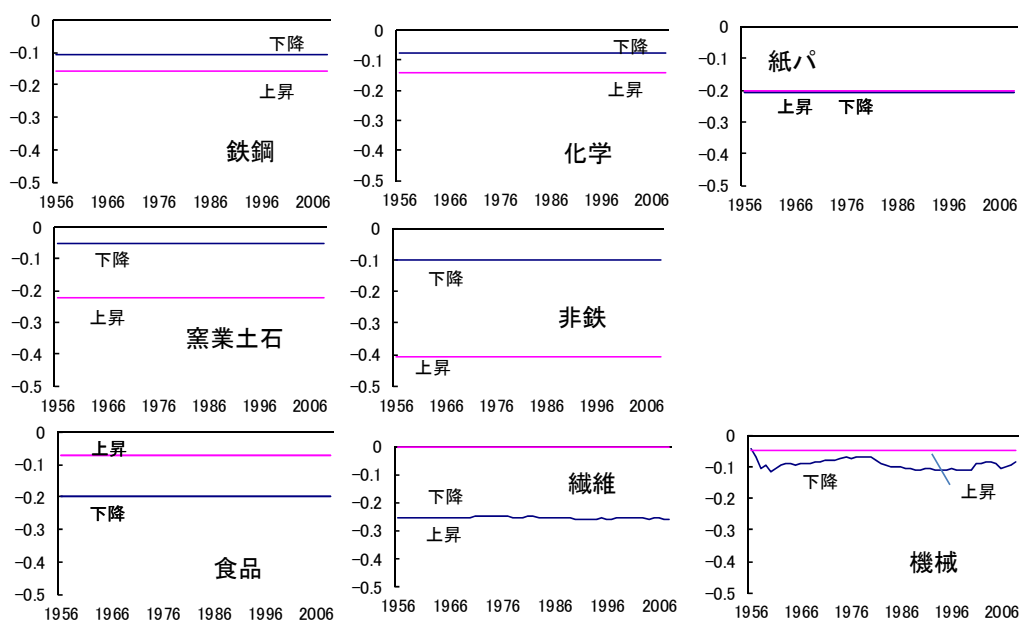


図 6-5 価格弾力性の継時的変化

エネルギー多消費産業においても、同様に価格に対する反応の非対称性を確認できるが、このうち食品、機械では、価格下降時のほうが、上昇時よりも大きくなっている。これら業種は、より多様なエネルギー利用形態を持つ業態、企業で構成されており、このことが推定結果に影響を与えている可能性がある。この点については、今後の検討課題とし

たい。

表 6-1 の中段は、価格 3 種の場合の結果を示している。エネルギー多消費産業のうち、鉄鋼、化学、紙パ、窯業土石では、最高価格更新時の価格弾力性が最も高くなっている。一方、繊維、機械産業では、最高価格更新時の価格弾力性はプラスと、理論上期待される符号条件を満たさない。

図 6-6 で示すように、3 種類の価格変数のうち、最高価格更新時の累積価格は、鉄鋼、化学、繊維で期間中ほとんど変化していない。このことから、鉄鋼、化学、繊維についての最高価格更新時のパラメータは、参考値とすべきであろう。同じく、最高価格更新時の価格弾力性の推定値がプラスであった繊維、機械の推定結果も参考値とすべきであろう。このように、業種によっては、最高価格更新時の結果は必ずしも信頼性が高くないことから、本論文では、価格 3 種の結果は参考にとどめ、価格 2 種の結果を中心に考察したい。

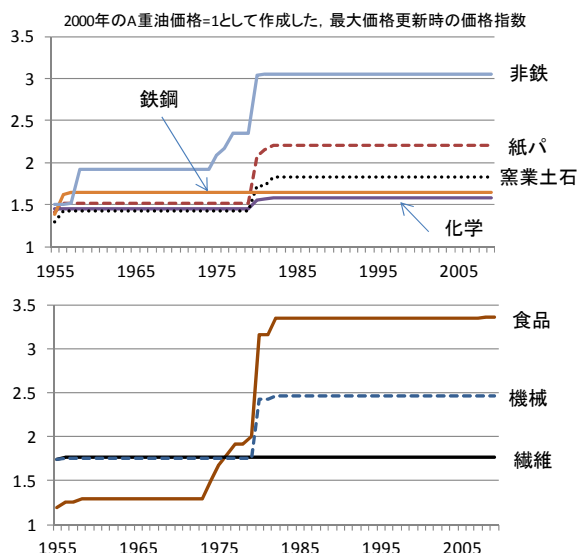


図 6-6 最高価格更新時の累積価格

(2) 価格弾力性の可変性

表 6-1 の最下段「(参考) 価格 1 種」に示したのが、価格に対する反応の非対称性を仮定せず、価格変数として(5-1) 式の p_t に相当する 1 種類の価格変数を用いた場合の推定結果である。毎期の価格弾力性を時変パラメータとして推定しているため、表 6-1 には、推定期間中の平均の価格弾力性、最大、最小の価格弾力性を示している。

表 6-1 で示した 3 タイプの価格変数に関する推定結果間では、それぞれ価格弾力性以外の推定結果を含め、推定式のパフォーマンスは少しずつ異なるため、厳密な比較はできない。それでも多くの業種で、価格 1 種の場合の平均値は、価格 2 種の場合の価格上昇時、価格

下降時の弾力性の幅の中か、あるいはその周辺にあることを確認できる。

図6-7は、鉄鋼と非鉄の2業種を例に、価格1種の場合の時変の価格弾力性の推定値を示したものである。例えば非鉄についてみてみると、石油危機を契機に価格弾力性は低下傾向から上昇傾向に転じ、その後一定の水準に落ち着いた、というような変化がみられる。例えば、こうした変化から、石油危機を契機に、省エネ投資が進んだことで、価格に対する需要の調整がより弾力的に行えるようになった、というような解釈も可能である。しかし、既にみたように図6-5の推定結果によれば、価格上昇時と下降時で非対称な価格弾力性は、期間を通じて一定の値が推定されており、そうした解釈は成り立たなくなる可能性がある。

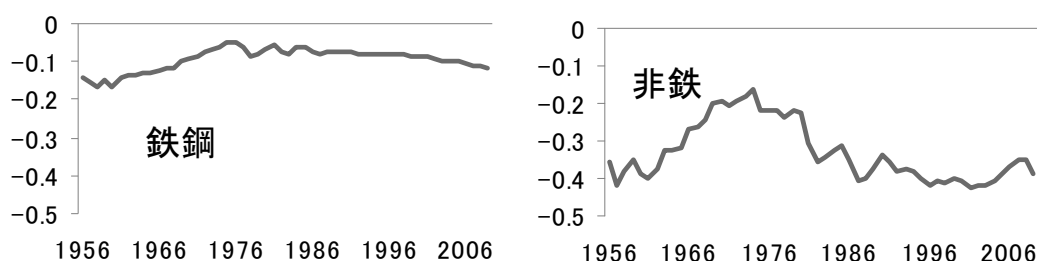


図6-7 価格1種の場合の価格弾力性の推定例

パラメータの時変性⁸については、今回の分析結果だけから断定することはできないものの、少なくとも対象とした観測期間においては、価格上昇時、下降時での各々の価格弾力性の値が比較的安定的であるという結果になった。この結果は、図6-7にみられるような価格弾力性の経時的な変化が、価格に対する反応の非対称性があるなかで、価格が変化したことによるものとして解釈できる。このことを以下の(6-2)式で考えてみたい。

仮に、価格変数 p を、価格上昇時 p^{inc} と下降時 p^{dec} の2種類の価格変数の合成として考えると、 $p_t^{\beta_t}$ は以下のように表すことができる。

$$p_t^{\beta_t} = (p_t^{inc})^{\beta_1} (p_t^{dec})^{\beta_2} \quad (6-2)$$

図6-5の推定結果は、(6-2)において β_1 、 β_2 が時間に関して一定で、 $\beta_1 = \beta_2$ でない（価格に対する反応が非対称な）ことを示している。この場合には、(6-2)式から、 β_t は価格に

⁸価格弾力性の変化（時変性）については、(5-6)式で、 $k=2$ としたモデルでの推定も試みたが、食品産業を除き、いずれも $k=1$ としたモデルの説明力が高かった。食品産業については、 $k=2$ のモデルでは、第一次石油危機前の期間で、価格下降時の価格弾力性が大きくゼロを超え、理論的に整合しないことから、やはり $k=1$ としたモデルを選択した。

伴って変化しうる。従って、価格に対する反応の非対称性を考慮したモデルでの検討を経ないで、価格弾力性の経時的変化をアドホックな要因で説明することには注意が必要である。

第3章でとりあげた Neto [2012] の分析で、時変パラメータとして推定した価格弾力性が、2000年代後半に上昇し始めているように、2000年以降のエネルギー価格の上昇を反映して、今後しばらくは、大きめの価格弾力性が推定されやすくなることが予想される。価格に対する反応の非対称性を仮定せず、経時的に変化するものとして得た価格弾力性の推定結果は、その時点での価格水準を反映したものであって、必ずしも人々の省エネ意識の高まりや需給構造変化を反映した結果とは言えないことになる。

従って、政策評価に参照する値として、最近に起こった構造変化を反映させる意図で、時変パラメータとして推定した直近の価格弾力性の推定結果を用いることには注意が必要である。価格上昇時において、本来は価格に対する反応の非対称性として解釈すべき価格弾力性の変化を、エネルギー消費構造に、何らかの不可逆的な構造変化が起きた結果であると解釈してしまうと、価格政策の効果を過大評価してしまうことになるからである。

以上から、政策評価に参照する価格弾力性を得るための、次善の策としては、たとえ価格に対する反応の非対称性を考慮しない場合でも、できるだけ長期間のデータを用いて推定した、平均的な価格弾力性を用いることがより望ましいといえる。

4 需要トレンドの推定結果

次に、価格以外の要因をみていく。(5-18)式の α_t で示される生産弾力性は、付表6-2に示す価格2種の推定結果から、いずれも1より小さく、ほとんどの業種で期間中ほぼ一定である。これは、生産の規模拡大に対して一定のペースで原単位が低下していることを意味している。(5-18)式の μ_t に相当する需要トレンドは、エネルギー需要に影響を及ぼすもののうち、生産要因、価格要因といった内生的要因以外の、様々な外生的要因が複合したものである。例えば産業部門で、需要トレンドを変化させる要因としては、生産方式の革新、製品構成の変化や省エネ規制などが考えられる。

先にみた星野 [2011] の産業部門に関する推定結果では、産業部門全体の需要トレンドには大きな変化はみられず、ほぼフラットな動きをしている。これに対して、今回の分析で業種別に推定した需要トレンドを示したのが、図6-8である。

これによると、鉄鋼、紙パ、窯業土石、繊維では、期間中、大きな変化はみられず、ほぼフラットな動きを示している。一方、非鉄、食品産業では、期間前半にゆるやかな上昇トレンドが見られる。非鉄や食品産業は、鉄鋼などと比較すると、業態や企業規模の多様性が相対的に大きいことから、業種内での業態や規模の構成変化などが、要因の一つとして考えられる。

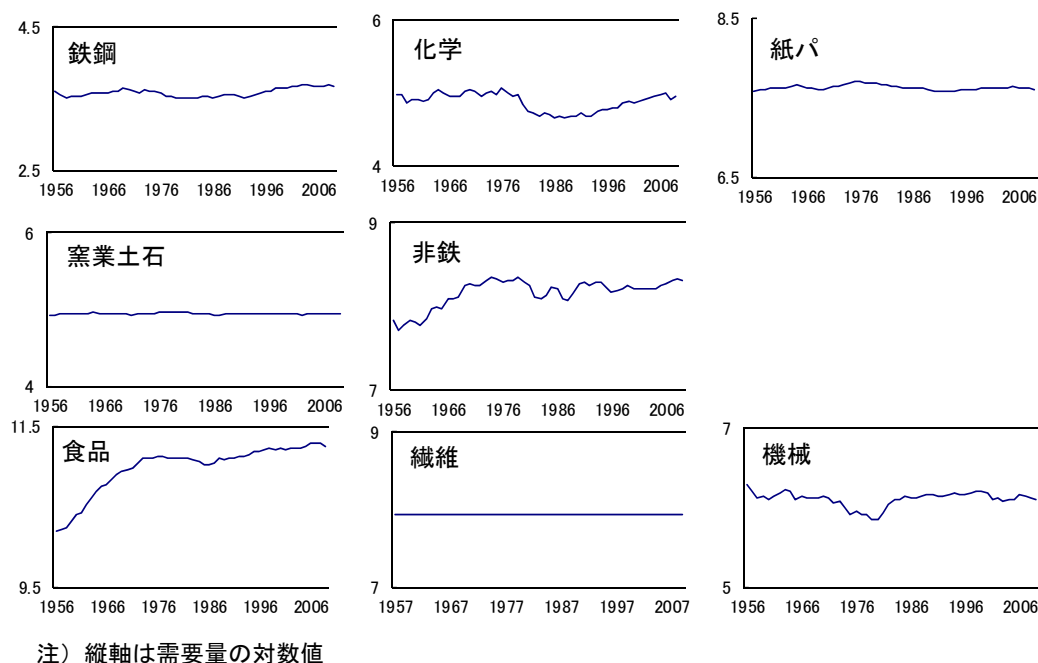


図 6-8 需要トレンドの経時的変化

ここで需要トレンドがフラットということは、エネルギー効率向上がなかったことを意味するものではない。観測期間でのエネルギー需要の原単位変化が、産業横断的な技術変化や政策・制度の変更といった外生的要因ではなく、規模の経済性や、価格変化への反応といったモデルの構造パラメータで説明できることを意味している。また、需要トレンドは様々な要因の複合であることから、仮に外生的な効率向上があっても、同時にエネルギー集約的な製品構成への需要シフトが起きた場合には、それらの効果が相殺しあって需要トレンドは変化しない可能性もある。

本論文における需要トレンドの扱いは、価格弾力性の推定値にバイアスを与えることのないように、特定し除去することを主眼としている。業種間や国際間での需要トレンドの比較や、背景となる需給環境の変化、制度、政策の変更についての整理を通して、直接、需要トレンドに働きかける政策の可能性を探ることは、今後の課題としたい。

5 エネルギー消費原単位の要因分解

推定したパラメータを用いて、1955 年以降の日本の製造業の業種別エネルギー消費原単位の変化について要因分解を行った (表 6-3、付図 6-5)。ここでは、(5-26) 式を用いた各年の分解結果の期間平均値を示している。

「トレンド」要因は、(5-26) 式の第 1 項目で、生産規模や価格の変化で説明できない様々

な要因の複合した需要トレンドの変化に相当する。「規模拡大」要因は、(5-26) 式の第2項目で、生産規模が1単位拡大したときの原単位低下（生産規模あたりのエネルギー消費量の減少）、すなわち生産規模拡大（あるいは縮小）による省エネ（あるいは増エネ）率の変化に相当する。

価格要因については、(5-18) 式において、価格に対する反応の非対称性を捉えるために、価格上昇時と下降時のパラメータを推定していることから、これに対応した2つの要因に分解している。このうち「非対称的価格要因」は、(5-26) 式の第3項目で、エネルギー上昇期にのみ省エネに非対称的に作用する。先に第4章で取り上げた、エネルギー価格上昇時の価格弾力性と下降時の価格弾力性の差に起因するものである。エネルギー価格上昇によって起きるエネルギー需要の減少のうち、同程度の価格低下によっても相殺されない不可逆的な省エネ効果を捉えている。一方の「対称的価格要因」は、(5-26) 式の第4項目で、エネルギー価格上昇期には省エネに、下降期には増エネに、と対称的に作用する。

表6-3 業種別の原単位変化要因の分解

業種	要因	1956-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-00	2001-09
鉄鋼	トレンド	-1.6%	0.9%	-0.9%	0.3%	0.3%	0.3%
	規模拡大	-4.2%	-1.0%	-1.6%	0.5%	1.3%	0.6%
	非対称的価格効果	0.0%	0.0%	-0.5%	0.0%	-0.1%	-0.5%
	対称的価格効果	0.8%	0.8%	-0.7%	0.6%	0.3%	-0.5%
化学	トレンド	-0.9%	1.1%	-0.9%	-0.8%	1.3%	0.7%
	規模拡大	-4.3%	-2.5%	-1.6%	-2.2%	1.3%	0.9%
	非対称的価格効果	0.0%	0.0%	-1.7%	-0.2%	-0.4%	-1.0%
	対称的価格効果	0.8%	1.0%	-1.8%	0.9%	0.2%	-0.8%
窯業土石	トレンド	0.4%	-0.2%	0.4%	-0.4%	0.1%	0.1%
	規模拡大	-8.2%	-8.4%	0.4%	-2.3%	1.4%	2.5%
	非対称的価格効果	0.0%	0.0%	-1.4%	-0.1%	-0.2%	-0.6%
	対称的価格効果	0.2%	0.2%	-0.3%	0.2%	0.0%	-0.1%
紙パ	トレンド	1.0%	0.0%	0.3%	-0.8%	0.5%	-0.2%
	規模拡大	-5.7%	-4.5%	-1.0%	-1.3%	0.4%	1.2%
	非対称的価格効果	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	対称的価格効果	0.2%	1.5%	-1.6%	0.3%	0.4%	-1.6%
非鉄	トレンド	-0.9%	4.6%	0.6%	-0.2%	-0.7%	1.1%
	規模拡大	-8.6%	-5.7%	-3.6%	-0.3%	0.1%	0.7%
	非対称的価格効果	-1.9%	-0.4%	-2.5%	-1.3%	-0.6%	-1.2%
	対称的価格効果	-0.2%	0.2%	-0.5%	0.1%	0.1%	-0.3%
食品	トレンド	4.8%	5.6%	1.3%	0.0%	1.2%	0.3%
	規模拡大	-12.8%	-9.9%	-2.3%	-3.0%	0.8%	2.6%
	非対称的価格効果	0.4%	0.0%	1.1%	0.7%	0.1%	0.5%
	対称的価格効果	-0.3%	0.5%	-1.5%	-0.4%	0.0%	-0.7%
繊維	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	規模拡大	-9.4%	-0.7%	0.9%	-3.9%	4.7%	2.0%
	非対称的価格効果	0.0%	0.0%	-0.7%	-0.2%	-0.1%	-0.4%
	対称的価格効果	2.2%	2.0%	-2.5%	0.5%	0.5%	-0.8%
機械	トレンド	-4.7%	0.5%	-2.9%	3.1%	0.2%	-1.0%
	規模拡大	-9.6%	-7.1%	-2.6%	-2.9%	-0.4%	-0.4%
	非対称的価格効果	1.5%	-0.2%	0.1%	0.9%	0.0%	-0.5%
	対称的価格効果	-2.2%	0.8%	-0.5%	-0.7%	0.0%	0.3%

要因分解の結果、高度経済成長初期においては、原単位の低下に対する価格要因の寄与は小さく、これに対して、生産規模拡大要因が大きく寄与していたことがわかった。これは、高度成長期には、新規設備の導入が生産性の上昇やエネルギー消費効率向上に寄与していたことを意味する。

エネルギー価格要因については、特にエネルギー多消費産業において、石油危機および2000年台以降の成熟期に、エネルギー価格上昇による「非対称的」な原単位の低下効果が大きかったことがわかった。

6 途上国への分析枠組みの適用可能性について

本章では、途上国を対象とした実証分析に先だて、より多くのサンプル数が得られる日本を対象に、分析枠組みの構築を行った。日本については1955年以降のデータが利用可能であるのに対し、途上国では、1970年もしくは1980年以降のデータしか得られない場合がある。1980年から、分析対象とした2009年まででは、年次で30サンプルとなることから、この場合にも、第5章の分析枠組みを用いてある程度ロバストな結果が得られるのかについて、日本を対象に確認を行った。

表 6-4 推定期間の違いによる結果の比較（短期価格弾力性）

	1956- 2009	1960- 2009	1960- 1990	1980- 2009
鉄鋼				
上昇期	-0.091	-0.107	-0.131	-0.074
下降期	-0.060	-0.075	-0.036	-0.055
化学				
上昇期	-0.104	-0.134	-0.176	-0.071
下降期	-0.057	-0.066	-0.024	-0.069
窯業土石				
上昇期	-0.135	-0.124	-0.149	-0.185
下降期	-0.031	-0.014	-0.049	0.029
紙パ				
上昇期	-0.203	-0.180	-0.191	-0.187
下降期	-0.206	-0.207	-0.201	-0.179

表 6-4 は、エネルギー多消費産業として、鉄鋼、化学、窯業土石、紙パを対象に、推定期間を変更した場合の価格弾力性を比較したものである。既にみた表 6-1 は長期の価格弾力性を示しているが、長期の弾力性は、自己ラグ項のパラメータにも依存するため、表 6-4 は、短期の価格弾力性をまとめている。

推定期間は、表 6-1 に対応した 1956 年から 2009 年までと、価格変化が小さな 1950 年代を外した 1960 年から 2009 年までの全期と、1960 年から 1990 年までの前半 30 年間、1980

年から2009年までの後半30年間の4つを試みた。推定値についての統計的検定結果の詳細は、附表6-3、6-4の通りである。誤差項の正規性、分散均一性、系列相関の有無等についての検定結果は、紙パを除いて良好な結果を得た。紙パでは、後半期を含む期間において、誤差項の正規性が棄却されたことから、結果の解釈には一定の留意が必要であろう。

表6-4の推定結果から、後半期間における上昇期の化学、下降期の窯業土石を除くと、異なる推定期間の間でも、結果はほぼ安定していることが確認できる。窯業土石に関しては、下降期の弾力性は通期で-0.03と低いことから、元々の説明力も小さいためと予想される。一方、化学については、業態変化なども大きいと予想されることから、推定期間の違いで結果にも影響が及んでいる可能性がある。

以上から、一定の留意は必要であるものの、よりデータサンプル期間の短い途上国についても、同様の分析枠組みを適用可能と判断した。途上国に関するデータの整備を待って、さらに検証を続けることは今後の課題としたい。

7 まとめと考察

7.1 価格に対する反応の非対称性と価格弾力性の可変性について

推定期間が変わると、エネルギー需要の価格弾力性の推定値も変わることは、経験的に知られており、価格弾力性を時変パラメータとして捉える試みもなされてきた。価格弾力性が変化する理由として、園田他 [1999] は、価格に対する反応の非対称性の存在を指摘している。そこで本論文では、価格弾力性の期ごとの変化が、価格に対する反応の非対称性に基づくのか、非対称性だけではなく、上昇時、下降時の各価格弾力性自体もなんらかの構造変化によって変化しているのかを見るために、非対称な価格弾力性の値を、毎期の変化を許す時変パラメータとして推定した。

その結果、機械を除くほとんどの業種において、価格弾力性のパラメータは、推定期間中、一定のパラメータとして推定された。このことから、少なくともこの期間の日本の産業部門では、価格上昇時と下降時の価格弾力性の値そのものは、比較的長期に安定的な値であり、価格弾力性が、時間とともに変化しているように観察されるのは、価格に対する反応の非対称性がある中で、価格変化が起きたためと考えられる。従って、エネルギー消費構造に何らかの不可逆的な構造変化が起きたと考えて、それを取り込む目的で、できるだけ直近の弾力性の値を参照しようと試みることは、必ずしも適切ではないと言える。

第3章でも触れたように、価格弾力性の値は、使用するデータやモデルのタイプ、推定期間などで異なることから、先行研究の推定結果には大きな幅がある。このうち、今回の分析結果から、推定期間によって価格弾力性の推定値が異なる問題について、一つの示唆を得ることができたといえる。

7.2 分析結果の考察

本章では、途上国におけるエネルギー価格制度改革の効果を探る試金石として、日本の高度経済成長期以降の産業部門に焦点をあて、業種別のエネルギー価格弾力性を推定した。その結果、紙パを除くエネルギー多消費産業で、価格上昇時と下降時の価格弾力性の値に差異（非対称性）があることを確認した。このうち、エネルギー多消費産業では、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ことが確認された。このことは、エネルギー多消費産業において、価格上昇時には、同程度の価格低下によっても相殺されない不可逆的な省エネ効果が存在することを意味している。

その一方で、日本の高度経済成長期のエネルギー消費原単位の低下に関して、価格上昇によるエネルギー需要の抑制効果は、必ずしも支配的な要因ではなかったことも明らかにした。高度経済成長期の日本では、生産規模の拡大に伴って、生産効率の良い新しい設備の導入が進んだことが、この時期の省エネに最も大きく寄与したと考えられる。これらの結果から、工業化を進める新興国のエネルギー需要の抑制策として、価格政策の効果のみ過度に期待できない可能性がある。そこで、次章では、エネルギー多消費産業を対象に、日本に加え、ともに東アジアの工業国である韓国、中国の3か国を対象にした同様の分析を行う。

参考文献

- 通商産業省 [各年版], 『石油統計年報』
 電気事業連合会 [各年版], 『電気事業便覧』
 園田勝臣, 佐和隆光, 永田豊 [1999], 『エネルギー価格低迷を考慮した価格弾力性の計測』, エネルギー資源学会第18回研究発表会講演論文集, 67-72
 石炭政策史編集委員会編; 資源エネルギー庁資源燃料部石炭課監修 [2002], 『石炭政策史 [資料編]』
 通商産業省 [各年版], 『工業統計表』
 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット EDMC [各年版 a], エネルギーバランス表
 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット EDMC [各年版 b], エネルギー・経済統計要覧
 日本銀行統計局 [1966], 『明治以降本邦主要経済統計』
 星野優子 [2010], 『エネルギー需要の長期価格弾力性—政策分析に用いる場合の留意点』, 電力中央研究所研究報告, Y09029
 星野優子 [2011], 『日本の部門別エネルギー需要の価格弾力性の推計—非対称性と需要トレンドを考慮して—』, 電力中央研究所研究報告, Y10016
 星野優子 [2013], 『日本の製造業業種別エネルギー需要の価格弾力性の推計—国際比較のための分析枠組みの検討—』, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.34, No.1
 Koopman, Siem Jan, Andrew C. Harvey, Jurgen A. Doornik, Neil Shephard [2009], Structural Time Series Analyser and Modeller and Predictor STAMP 8.2, OxMetrics

Neto, David [2012], Testing and Estimating Time-varying Elasticities of Swiss Gasoline Demand, *Energy Economics*, Vol. 34, 1755-1762

補論 エネルギー以外の財における非対称性の計測⁹

本章では、日本の製造業の業種別エネルギー需要に関して、価格に対する反応の非対称性が存在することを明らかにした。以下では、第4章補論で議論した、非エネルギー財における価格に対する反応の非対称性について、消費財の例として、ビール、米の2品目を対象に、第5章で提示した分析枠組みを用いた実証分析を行う。付表6-1に推定結果を示す。

長期価格弾力性を比較すると、米は、ビールよりも価格弾力性が小さく、価格に対しては非弾力的であることが確認できる。この結果は、米が主食であることと整合的である。また、米、ビールともに、価格下降時の価格弾力性は価格上昇時の価格弾力性よりも大きい。すなわち、価格上昇時の需要の減少度合よりも、価格下降時の需要の増加度合のほうが大きいことを意味している。これは、Casado 他 [2013] の行った消費財に関する実証分析結果とも整合的である¹⁰。

米、ビールのような一般の消費財では、財の消費量自体が効用を産むため、価格に対する反応の非対称性は、各財の持つ性質（必需財か嗜好品化か非耐久財か耐久財かなど）や代替財の有無を反映したものとなる可能性が示唆される結果となった。これに対してエネルギー需要は、エネルギーそのものを消費するのではなく、明るさ、涼しさや温かさといった、エネルギーサービスを消費する。したがって、エネルギー消費量自体が効用を産むものではない。このため、価格上昇に伴って、より少ないエネルギー消費量でより多くのエネルギーサービスを享受できるような技術革新の必要性が生じる。これが、エネルギー需要の価格に対する反応の非対称性の生じる要因の一つになると考えられる。

補論参考文献

星野優子 [2014], 『エネルギー需要の価格弾力性に関する先行研究レビューー価格弾力性の非対称性を中心にした整理ー』, 2013年度東洋大学大学院紀要第50集, 125-144

Casado, Esteban, Juan-Carlos Ferrer [2013], Consumer price sensitivity in the retail industry: Latitude of acceptance with heterogeneous demand, *European Journal of Operational Research*, Vol.228, 418-426.

⁹ 本補論の内容は、星野 [2014] で報告した。

¹⁰ なお、使用した統計の性質上、業務用需要も含むことから、特に米については、価格下落が米関連の業態や商品開発が加速する要因をも捉えている可能性があることに注意が必要であろう。

付表 6-1 米とビールの需要関数の推定結果詳細

	米	ビール
所得弾力性(短期)	0.176	1.632
価格弾力性(価格上昇時, 短期)	-0.090	-0.399
価格弾力性(価格下降時, 短期)	-0.131	-0.692
自己ラグ	0.235	0.009
所得弾力性(長期)	0.230	1.646
価格弾力性(価格上昇時, 長期)	-0.118	-0.402
価格弾力性(価格下降時, 長期)	-0.171	-0.698
統計量		
Standard Error (%)	0.46%	1.12%
Normality	2.428	0.098
Kurtosis	0.171	-0.484
Skewness	-0.592	-0.114
H	3.12 H(11)	0.763 H(11)
r(1)	-0.243	-0.144
r(5)	-0.153	0.071
D.W.	2.123	2.111
Q	Q(5,4)= 7.90	Q(5,4)= 1.35
R ² s	0.998	0.998
推計期間	1872-2010	1872-2011
ダミー変数	2007	1974

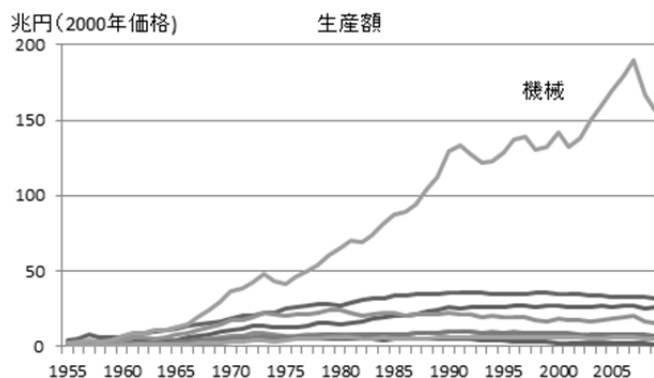
注 1. NormarityはBowman-Shentonの正規性検定量で X^2 分布に従う。

2. Kurtosis, Skewnessはそれぞれ誤差分布の(歪度), (尖度)を示す。

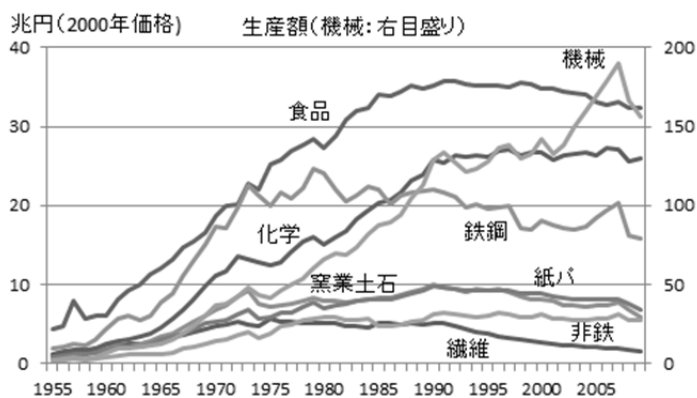
3. H統計量は分散不均一の検定量。自由度(h,h)のF分布に従う。

4. r(1), r(5)は,それぞれ1期, 5期ラグ同士の系列相関係数を示す。

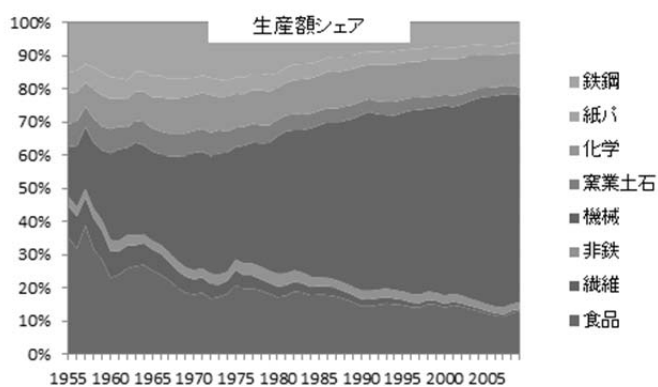
5. Q(a,b)は, Box-LjungのQ値で, 最初のa期についての誤差項の系列相関を示す。



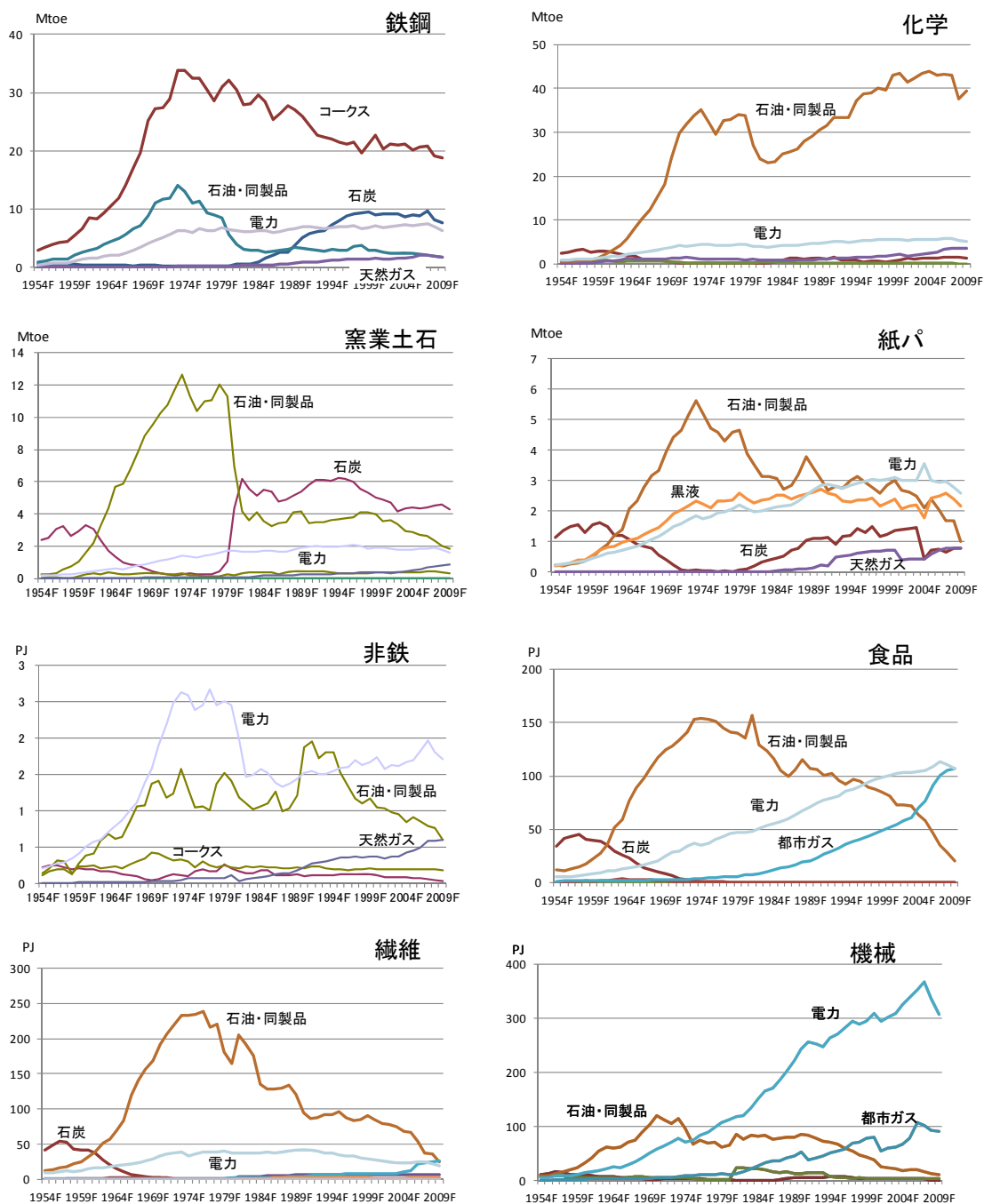
付図 6-1 製造業の業種別実質生産額（機械）



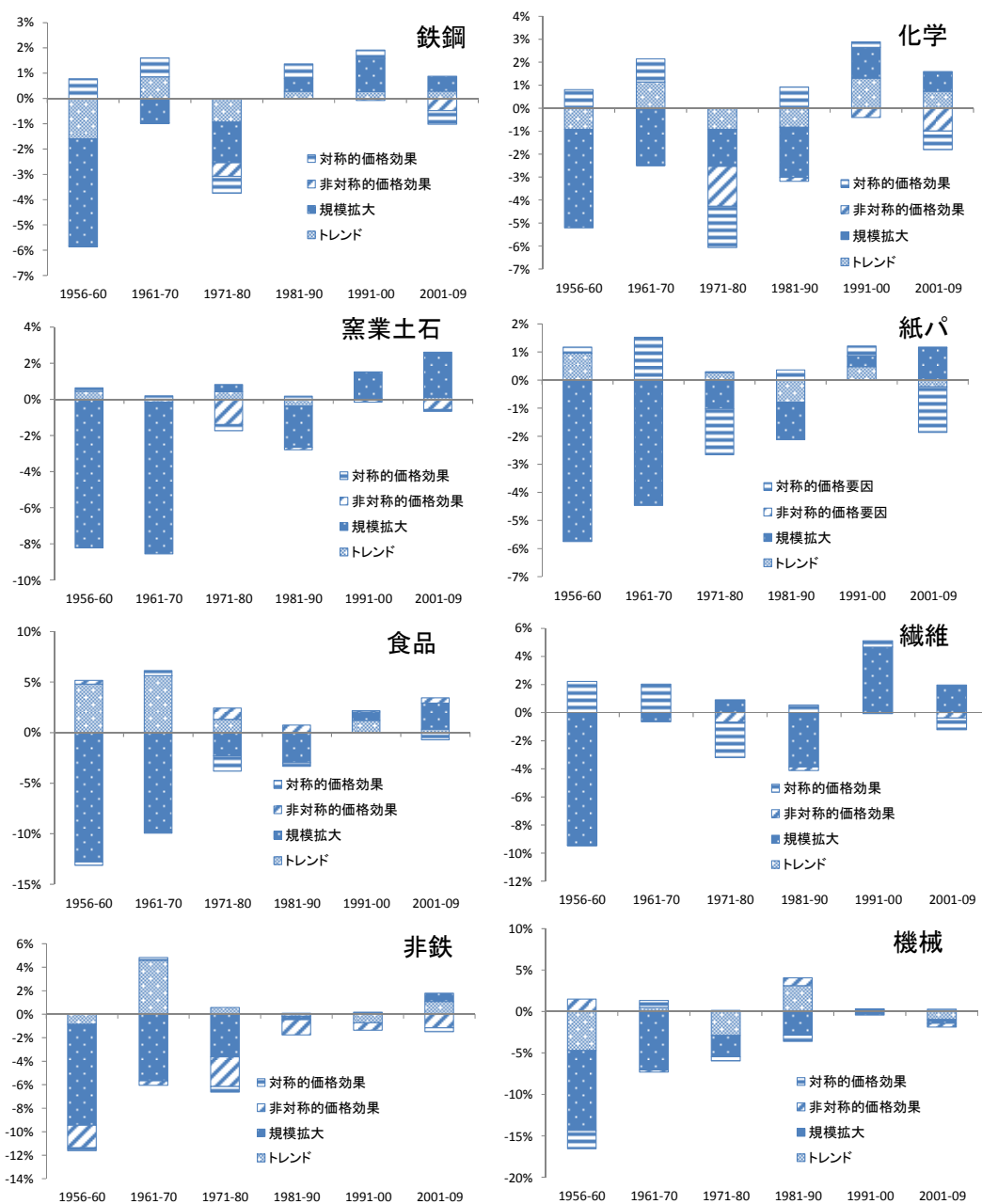
付図 6-2 製造業の業種別実質生産額（その他）



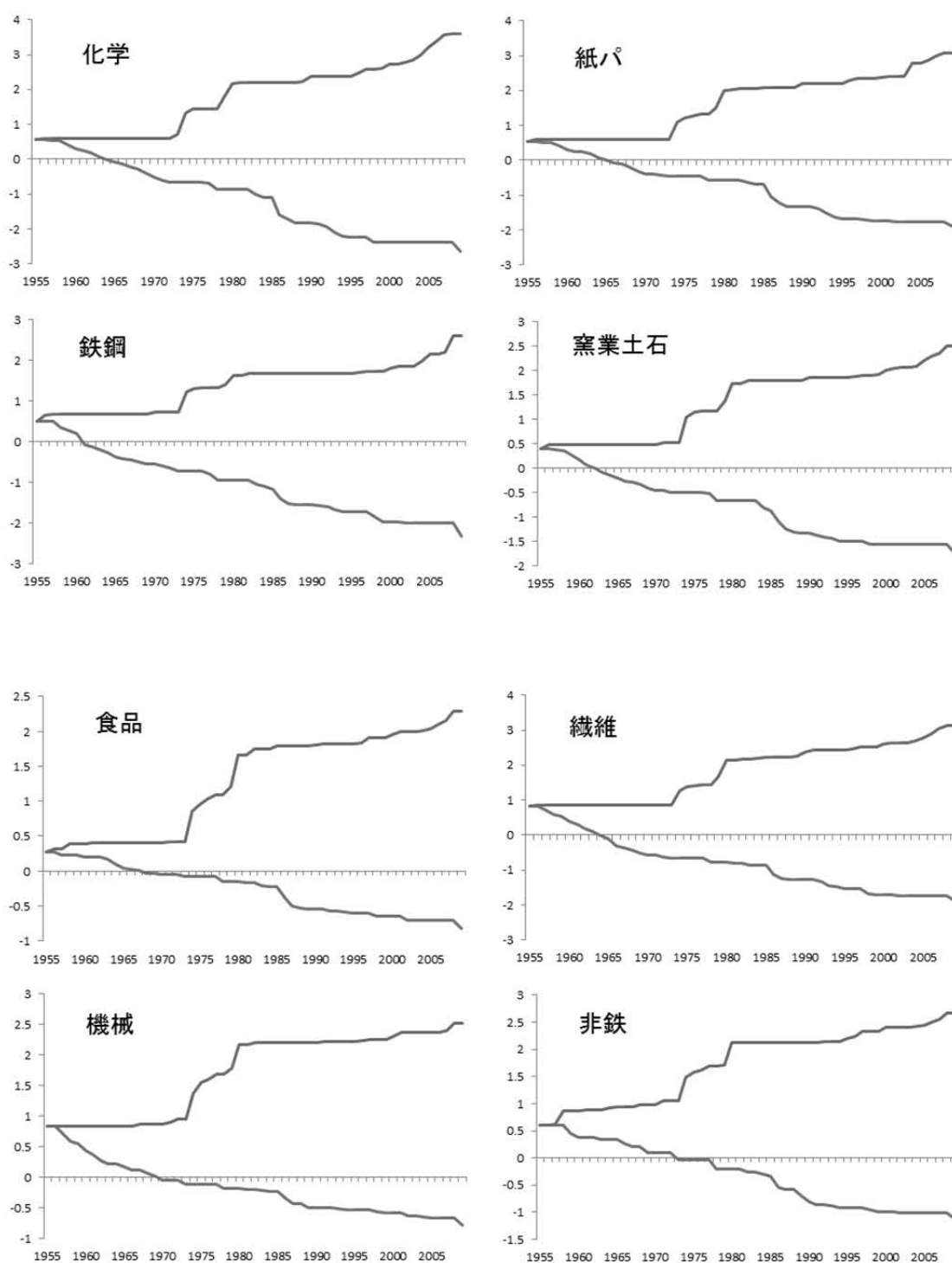
付図 6-3 製造業の実質生産額の業種別シェア



付図 6-4 業種別・エネルギー源別投入

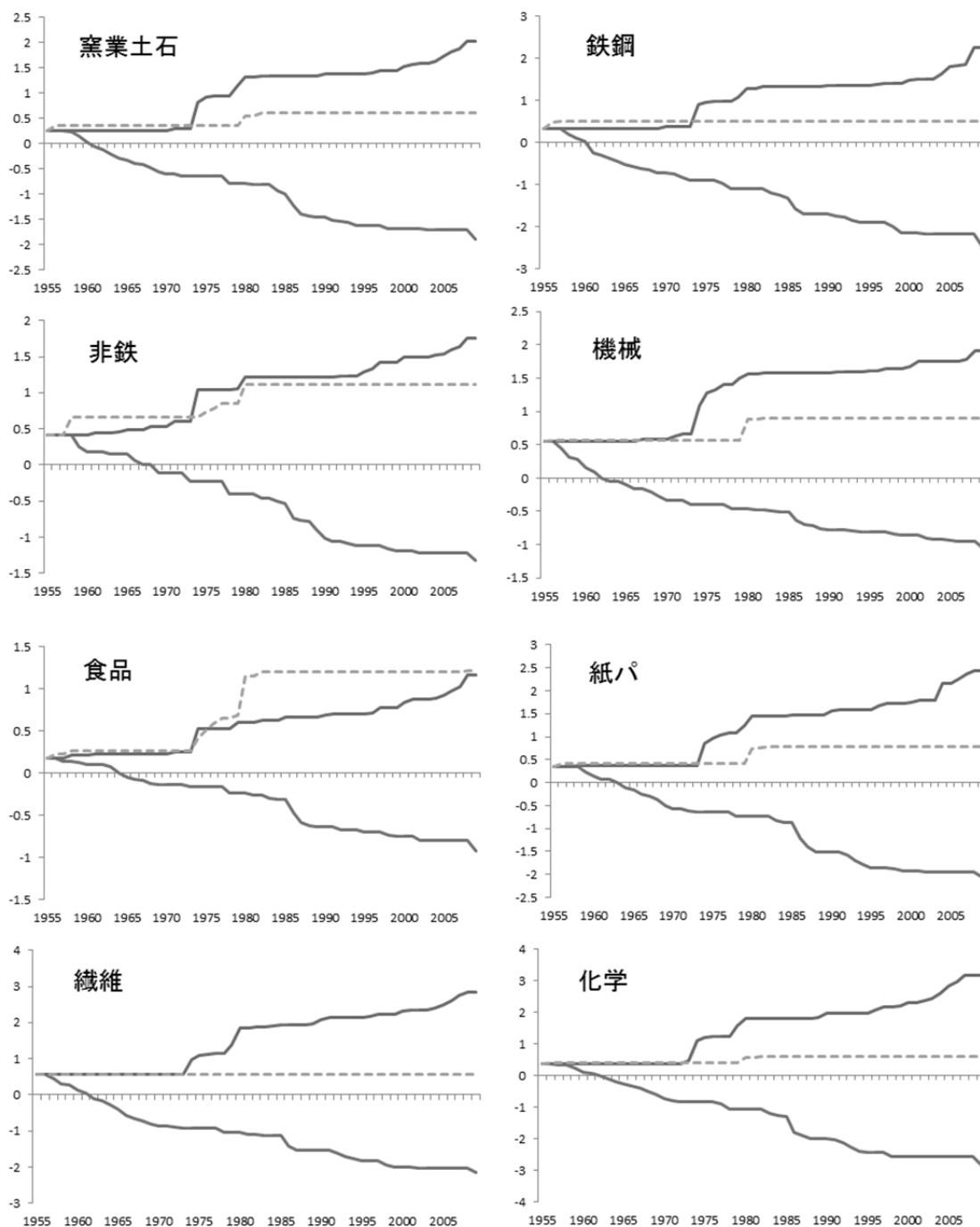


付図 6-5 エネルギー消費原単位の変化要因分解



注) 上昇曲線は価格上昇時の、下降曲線は価格下降時の価格変数。(5-11) 式の各項に相当する。

付図 6-6 製造業の業種別実質エネルギー価格の分解 (価格上昇・下降時)



注) 点線は、最高価格更新時、実線の上昇曲線は、それ以外の価格上昇時、実線の下降曲線は価格低下時。
 (5-17) 式の各項に相当する。

付図 6-7 製造業の業種別実質エネルギー価格の分解
 (最大価格更新時・それ以外の上昇時・下降時)

付表 6-2 推定結果の統計量

	鉄鋼	化学	紙・パ	窯業土石	非鉄金属	食品	繊維	金属機械
推計パラメータ X_t 平均	0.490	0.605	0.600	0.360	0.519	0.110	0.522	0.577
上昇期価格	-0.091	-0.104	-0.203 一期前	-0.135	-0.409 一期前	-0.072 一期前	-0.254 一期前	-0.047 一期前
下降期価格	-0.060	-0.057	-0.206 一期前	-0.031	-0.099 一期前	-0.196 一期前	-0.205 一期前	-0.092 一期前
自己ラグ	0.429(6.60)	0.254(2.65)		0.389(4.85)				
Hyperparameters								
Irregular $\sigma^2_\epsilon \times 10^4$	2.178	0.000	4.023	2.486	0.000	0.000	0.000	0.000
Level $\sigma^2_\eta \times 10^4$	7.291	27.001	4.209	2.196	38.474	5.460	0.000	21.931
Slope $\sigma^2_\lambda \times 10^4$						0.775		
Equation Residuals								
Standard Error (%)	3.06%	4.95%	3.09%	2.33%	5.91%	2.63%	0.93%	5.31%
Normality	1.085	0.442	1.216	1.126	4.704	2.060	2.367	2.786
Kurtosis	0.142	-0.278	-0.789	0.155	0.867	0.005	0.456	0.445
Skewness	0.034	-0.210	0.137	-0.106	0.029	0.472	-0.082	-0.518
H	0.359 H(15)	0.659 H(16)	0.654 H(16)	0.244 H(15)	0.198 H(16)	0.424 H(15)	0.540 H(16)	0.284H(16)
r(1)	-0.023	0.076	-0.042	0.076	0.271	0.169	0.214	-0.064
r(6)	0.053	0.023	-0.043	-0.265	0.092	0.130	0.205	-0.019
D.W.	1.872	1.828	1.999	1.845	1.413	1.609	1.479	1.988
Q	Q(6.5)= 6.14	Q(7.6)= 10.52	Q(6.5)= 2.75	Q(6.5)= 5.56	Q(7.5)=10.88	Q(7.5)=7.27	Q(7.6)= 12.44	Q(6.5)=4.20
R ² s	0.998	0.995	0.995	0.996	0.982	0.705	0.999	0.995
Auxiliary residuals								
Irregular								
Normality	1.839	0.196	3.835	0.101	0.143	1.078	0.562	0.579
Kurtosis	0.545	-0.192	0.625	-0.162	0.098	0.191	-0.492	0.505
Skewness	0.366	-0.112	0.573	-0.070	-0.117	0.333	0.043	-0.022
Level								
Normality	0.969	1.093	1.513	0.194	1.793	0.913	0.076	2.917
Kurtosis	0.336	-0.066	-0.678	-0.209	0.685	-0.643	0.176	1.034
Skewness	-0.285	-0.350	-0.231	-0.103	-0.293	-0.001	-0.028	0.238
Slope								
Normality						2.429		
Kurtosis						0.213		
Skewness						0.519		
推定期間	1956-2009	1956-2009	1956-2009	1956-2009	1956-209	1956-2009	1956-2009	1956-2009

注) Hyperparameter は、(5-1), (5-2), (5-3) 式の誤差分散を示している。誤差分散がゼロの場合には、確率変動しないことを意味する。Normality は Bowman-Shenton の正規性検定量で $X^2(2)$ 分布に従う。Kurtosis, Skewness はそれぞれ誤差分布の(歪度), (尖度)を示す。Kurtosis がプラスならば正規分布より中央で尖り両端が長い裾野を持つ。マイナスならば正規分布より平坦。Skewness がゼロなら左右対称。プラスなら左に、マイナスなら右に歪む。H 統計量は分散不均一の検定量。帰無仮説は、最初の h 年と最後の h 年の分散が同一(分散均一)。自由度 (h, h) の F 分布に従う。表中では、概ね 1.9 前後で棄却される。r(1), r(6) は、それぞれ 1 期、6 期ラグ同士の系列相関係数を示す。DW ダービン・ワトソン比を示す。Q(a, b) は、Box-Ljung の Q 値で、最初の a 期についての誤差項の系列相関を示し、 $X^2(b)$ 分布に従う。R²s は、自由度修正済み決定係数を示す。

付表 6-3 途上国への適用可能性についての検討
(鉄鋼・化学)

推定期間	鉄鋼				化学			
	1955-2009	1960-2009	1960-1990	1980-2009	1955-2009	1960-2009	1960-1990	1980-2009
推計パラメータ Xt	0.490	0.461	0.561	0.414	0.605	0.537	0.474	0.705
pt (平均)								
上昇期	-0.091	-0.107	-0.131	-0.074	-0.104	-0.134	-0.176	-0.071
下降期	-0.060	-0.075	-0.036	-0.055	-0.057	-0.066	-0.024	-0.069
et-1	0.429	0.491	0.425	0.157	0.254	0.328	0.418	0.436
Hyperparameters								
Irregular $\sigma^2_\epsilon \times 10^4$	2.178	3.191	2.496	0.000	0.000	0.000	0.000	7.274
Level $\sigma^2_\mu \times 10^4$	7.291	0.000	0.000	0.000	27.001	25.161	0.003	0.000
Slope $\sigma^2_\lambda \times 10^4$								
Equation Residuals								
Standard Error (%)	3.06%	1.76%	1.51%	1.83%	4.95%	4.66%	4.77%	3.51%
Normality	1.085	1.371	1.111	0.727	0.442	0.341	4.908	2.100
Kurtosis	0.142	0.066	-0.012	-0.211	-0.278	-0.128	-0.084	-0.694
Skewness	0.034	-0.370	-0.109	-0.301	-0.210	-0.079	0.605	-0.123
H	0.359 H(15)	0.477 H(14)	0.325 H(8)	1.146 H(8)	0.659 H(16)	0.530 H(15)	0.339 H(8)	0.937 H(8)
r(1)	-0.023	-0.020	-0.097	-0.080	0.076	-0.02718	-0.082	-0.241
r(6)	0.053	0.102	0.038	0.063	0.023	0.165	-0.195	0.129
D.W.	1.872	1.918	2.182	1.713	1.828	1.996	1.912	2.416
Q	Q(6,5)= 6.14	Q(5,4)= 2.77	Q(5,4)= 3.03	Q(5,4)= 0.70	Q(7,6)= 10.52	Q(5,4)= 8.96	Q(5,4)= 10.26	Q(5,4)= 3.21
R ² s	0.998	0.999	0.999	0.936	0.995	0.991	0.991	0.532
Auxiliary residuals								
Irregular								
Normality	1.839	0.973	0.732	3.786	0.196	0.994	1.897	0.155
Kurtosis	0.545	0.689	0.219	1.062	-0.192	-0.520	-0.084	0.348
Skewness	0.366	-0.024	0.513	0.690	-0.112	0.227	0.605	-0.043
Level								
Normality	0.969	1.103	0.324	0.294	1.093	0.143	0.308	1.413
Kurtosis	0.336	-0.186	0.323	0.191	-0.066	-0.162	-0.189	-1.099
Skewness	-0.285	-0.352	0.001	-0.223	-0.350	-0.103	0.229	-0.027
Slope								
Normality								
Kurtosis								
Skewness								

注) Hyperparameter は(5-1), (5-2), (5-3) 式の誤差分散を示している。誤差分散がゼロの場合には、確率変動しないことを意味する。Normality は Bowman-Shenton の正規性検定量で $\chi^2(2)$ 分布に従う。Kurtosis, Skewness はそれぞれ誤差分布の(歪度), (尖度)を示す。Kurtosis がプラスならば正規分布より中央で尖り両端が長い裾野を持つ。マイナスならば正規分布より平坦。Skewness がゼロなら左右対称。プラスなら左に、マイナスなら右に歪む。H 統計量は分散不均一の検定量。帰無仮説は、最初の h 年と最後の h 年の分散が同一(分散均一)。自由度(h, h)の F 分布に従う。表中では、概ね 1.9 前後で棄却される。r(1), r(6) は、それぞれ 1 期、6 期ラグ同士の系列相関係数を示す。DW ダービン・ワトソン比を示す。Q(a, b) は、Box-Ljung の Q 値で、最初の a 期についての誤差項の系列相関を示し、 $\chi^2(b)$ 分布に従う。R²s は、自由度修正済み決定係数を示す。

付表 6-4 途上国への適用可能性についての検討
(紙パ・窯業土石)

推定期間	紙パ				窯業土石			
	1955-2009	1960-2009	1960-1990	1980-2009	1955-2009	1960-2009	1960-1990	1980-2009
推計パラメータ Xt	0.600	0.573	0.538	0.505	0.360	0.380	0.336	0.322
pt (平均) 上昇期 下昇期					-0.135 -0.031	-0.124 -0.014	-0.149 -0.049	-0.185 0.029
pt-1 (平均) 上昇期 下昇期	-0.203 -0.206	-0.180 -0.207	-0.191 -0.201	-0.187 -0.179				
et-1					0.389	0.304	0.324	0.389
Hyperparameters								
Irregular $\sigma^2_\epsilon \times 10^4$	4.023	8.580	1.908	13.920	2.486	4.015	1.030	0.000
Level $\sigma^2_\mu \times 10^4$	4.209	0.060	8.514	0.000	2.196	0.250	10.099	0.041
Slope $\sigma^2_\lambda \times 10^4$								
Equation Residuals								
Standard Error (%)	3.09%	2.94%	3.24%	3.47%	2.33%	2.18%	3.46%	0.29%
Normality	1.216	5.599	1.778	9.585	1.126	4.404	1.298	2.663
Kurtosis	-0.789	1.167	-1.109	-1.432	0.155	0.858	-0.929	0.106
Skewness	0.137	-0.453	0.119	3.397	-0.106	0.243	0.255	-0.700
H	0.654 H(16)	1.986 H(15)	0.452 H(9)	5.789 H(8)	0.244 H(15)	0.178 H(15)	0.804 H(8)	0.506 H(8)
r(1)	-0.042	-0.193	-0.161	-0.205	0.076	0.261	0.006	-0.067
r(6)	-0.043	0.092	-0.029	0.181	-0.265	-0.031	0.195	0.101
D.W.	1.999	2.207	2.129	2.20	1.845	1.4285	1.847	1.741
Q	Q(6.5)= 2.75	Q(6.5) = 12.09	Q(5.4) = 3.74	Q(5.4) = 10.60	Q(6.5)= 5.56	Q(5.4) = 6.22	Q(5.4) = 2.13	Q(5.4) = 5.31
R ² s	0.995	0.989	0.990	0.893	0.996	0.991	0.98517	0.999
Auxiliary residuals								
Irregular								
Normality	3.835	43.051	2.632	26.296	0.101	9.457	0.793	0.600
Kurtosis	0.625	4.085	0.677	3.562	-0.162	1.774	-0.718	-0.586
Skewness	0.573	-0.997	0.628	-1.445	-0.070	-0.590	-0.156	-0.184
Level								
Normality	1.513	1.467	0.503	1.076	0.194	2.834	1.149	0.421
Kurtosis	-0.678	-0.595	-0.604	-0.898	-0.209	0.401	-0.856	-0.209
Skewness	-0.231	0.296	0.077	0.145	-0.103	-0.554	0.198	0.271
Slope								
Normality								
Kurtosis								
Skewness								

注) Hyperparameter は、(5-1), (5-2), (5-3) 式の誤差分散を示している。誤差分散がゼロの場合には、確率変動しないことを意味する。Normality は Bowman-Shenton の正規性検定量で $\chi^2(2)$ 分布に従う。Kurtosis, Skewness はそれぞれ誤差分布の (歪度), (尖度) を示す。Kurtosis がプラスならば正規分布より中央で尖り両端が長い裾野を持つ。マイナスならば正規分布より平坦。Skewness がゼロなら左右対称。プラスなら左に、マイナスなら右に歪む。H 統計量は分散不均一の検定量。帰無仮説は、最初の h 年と最後の h 年の分散が同一 (分散均一)。自由度 (h, h) の F 分布に従う。表中では、概ね 1.9 前後で棄却される。r(1), r(6) は、それぞれ 1 期、6 期ラグ同士の系列相関係数を示す。DW ダービン・ワトソン比を示す。Q(a, b) は、Box-Ljung の Q 値で、最初の a 期についての誤差項の系列相関を示し、 $\chi^2(b)$ 分布に従う。R²s は、自由度修正済み決定係数を示す。

第 7 章 日本・中国・韓国のエネルギー多消費産業の分析

内容

- 1 はじめに
- 2 エネルギー需要
- 3 エネルギー価格
- 4 モデルの推定結果
 - 4.1 モデルの推定
 - 4.2 価格弾力性
 - 4.3 生産弾力性
 - 4.4 需要トレンド
- 5 エネルギー消費原単位の要因分解
- 6 まとめと考察

参考文献

補論： IEA エネルギーバランス表と EDMC のエネルギーバランス表の差異（日本について）

1 はじめに¹

前章では、戦後の日本の経済成長期以降を対象に、エネルギー価格の変化が、産業部門でのエネルギー需要に与えた影響について分析した。第 5 章で作成した分析枠組みを用いて、日本の製造業の業種別（鉄鋼、化学、紙パ、窯業土石、非鉄、食品、繊維、機械）に、エネルギー需要関数を推定した。その結果、特にエネルギー多消費産業において、価格上昇時と価格下降時とでは、価格弾力性が異なり、価格上昇時により大きな影響があることを確認した。一方、エネルギー需要の消費原単位の変化要因を分析したところ、戦後の高度経済成長期では、価格要因の寄与は小さく、生産規模拡大の効果が大きいことがわかった。

以下の分析では、同様の分析枠組みを用いて、日本、韓国、中国の 3 か国のエネルギー

¹ 本章の内容は、星野 [2014]で報告した。

多消費産業を対象に実証分析を行う。韓国は、日本に少し遅れて1980年代に高度経済成長が本格化し、その後OECDに加盟する先進国となった。中国も1990年代以降の改革開放により、経済成長が本格化し、2010年には世界第2位のGDP規模を持つ巨大な途上国となった。これら3か国は、ともに東アジアに位置し、輸出主導型経済成長を達成した工業国であることから、発展段階による違いを見ることができると考えた。日本で観察されたことが、経済発展段階の異なる、韓国、中国においても観察されるのか、それとも日本固有の結果であるのかについてみていきたい。

2. エネルギー需要

エネルギー需要データについては、IEA [各年版 a] のエネルギーバランス表から、産業部門の業種別最終エネルギー消費合計を用いた。第6章で用いたEDMC [各年版 a] とIEA [各年版 a] とでは、業種によるエネルギー源の分類・集計・熱量換算方法が異なるため、両者の間で値は一致しない²。例えば、IEA データでは、鉄鋼製造プロセスで投入される原料炭は、最終エネルギー消費には計上されず、エネルギー転換として計上されている³。

ここでは、日本を含めた国際比較を行うことが目的であるため、共通の定義でまとめられたデータに準拠することが望ましい。このため、日本については、改めて国際比較が可能なIEA データを用いた分析を行った。

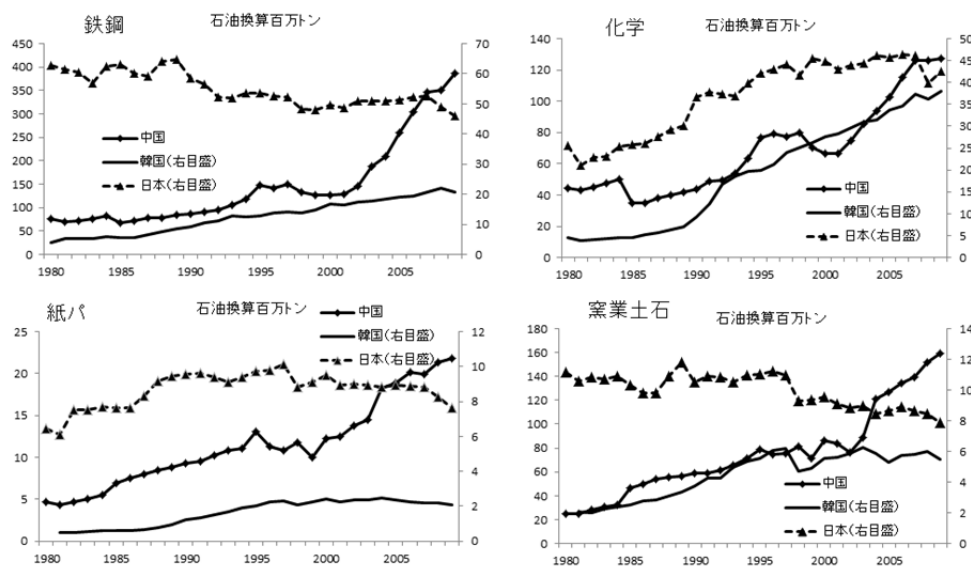
データの定義が統一されているという点では、IEA の定義のまま、同データの鉄鋼産業の最終エネルギー消費の値を用いることで問題ない。しかし、転換部門で産出された副生物を含む投入エネルギーについて、適当な価格データを得ることが難しいため、代わりに原料炭の価格で把握できるように、以下の分析では転換部門の原料炭の投入を含めて最終エネルギー消費とした⁴。

図7-1は、以上の定義・分類に基づいて推定した、各業種別・国別の最終エネルギー消費量の推移をみたものである。

²統計間の違いの詳細については章末の補論に示した。

³具体的には、エネルギー転換の鉄鋼コークス部門において、エネルギー転換の鉄鋼系ガス部門および最終エネルギー消費部門の投入となるコークスを製造し、副生物であるコークス炉ガス、熱は、電気や蒸気に転換されて、それらが最終エネルギー消費の鉄鋼産業の投入として計上されている。

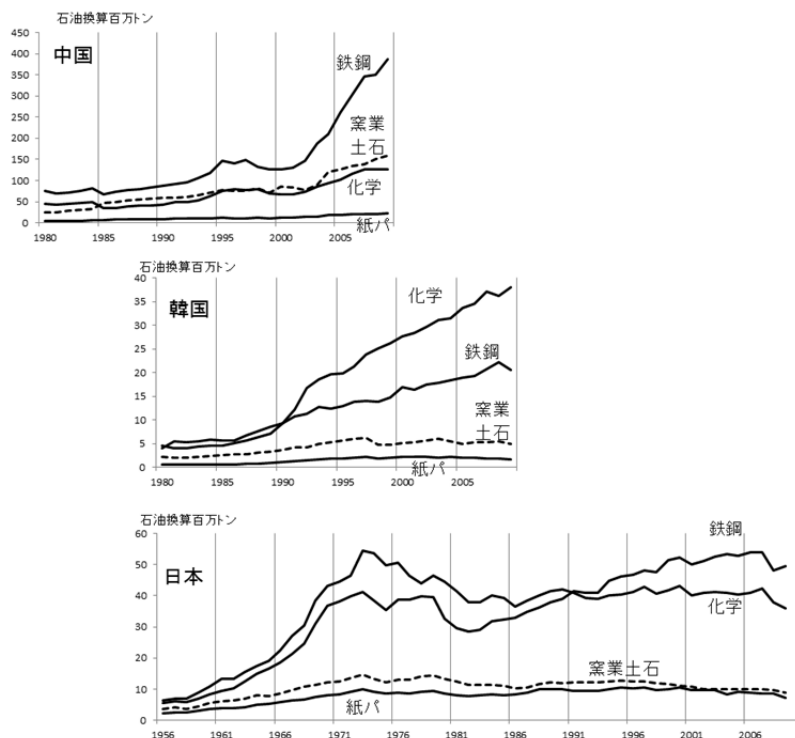
⁴具体的には、鉄鋼産業の最終エネルギー消費量から、コークス、コークス炉ガスと、高炉ガス投入量を差し引き、代わりに鉄鋼コークス部門での原料炭投入量を加えた。



出所) IEA, Energy Balance データより作成された、星野 [2014]の図3 より引用。

図 7-1 日中韓の業種別にみた最終エネルギー消費量

図 7-2 は、図 7-1 の中国、韓国の業種別最終エネルギー消費量の動きが、日本の戦後のどの時期に符号するかを、第 6 章で用いた 1955 年以降の日本のデータと比較したものである。



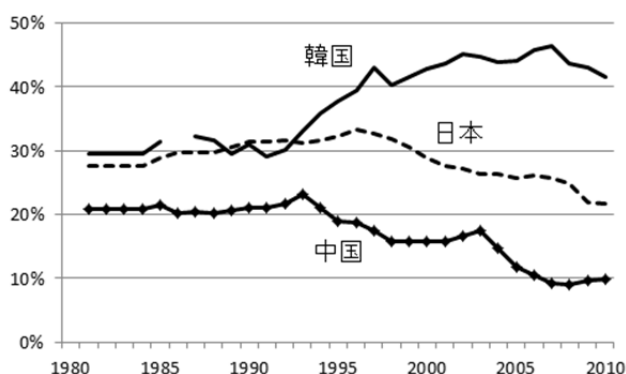
出所) IEA, Energy Balance データ、EDMC 統計より作成。

図 7-2 経済発展段階と製造業の業種別エネルギー消費量

既に述べたように、第6章で用いた日本のデータはIEAデータと異なる点があり注意が必要であるが、図7-2では、需要動向の大きな傾向を比較することが目的であるため、より長い系列が利用可能であるEDMCデータを参照している。

日本について、これらのエネルギー多消費産業のエネルギー消費量の推移をみると、東京オリンピックを挟む1960年代から1970年代初頭にかけての高度経済成長期に、鉄鋼、化学を中心とした需要の急増が確認できる。日本のこの時期に対応するのは、韓国では1988年のソウルオリンピックを挟む1980年代後半から1990年代前半にかけて、中国では2000年代以降であることがわかる。

ところで、国際比較にあたっては、同一業種の中での技術の違いにも注意する必要がある。特に鉄鋼業では、電炉と高炉でのエネルギー原単位の違いを考慮した分析が必要である。Oda, Akimoto, Tomoda, Nagashima, Wada, Sano [2012] の分析によれば、鉄1 tの生産に要するエネルギー投入量でみたエネルギー消費原単位は、高炉が32.9 GJであるのに対し、電炉では10.2 GJと、電炉は高炉の3分の1以下である。この電炉と高炉の比率は、一定ではなく、国によっても異なる。図7-3は、今回分析対象とする日本、韓国、中国の電炉比率を比較したものであるが、1990年代後半以降、韓国では電炉比率の上昇が顕著で、2010年時点で日本の約2倍、中国の約4倍である。



出所：世界鉄鋼協会データより作成

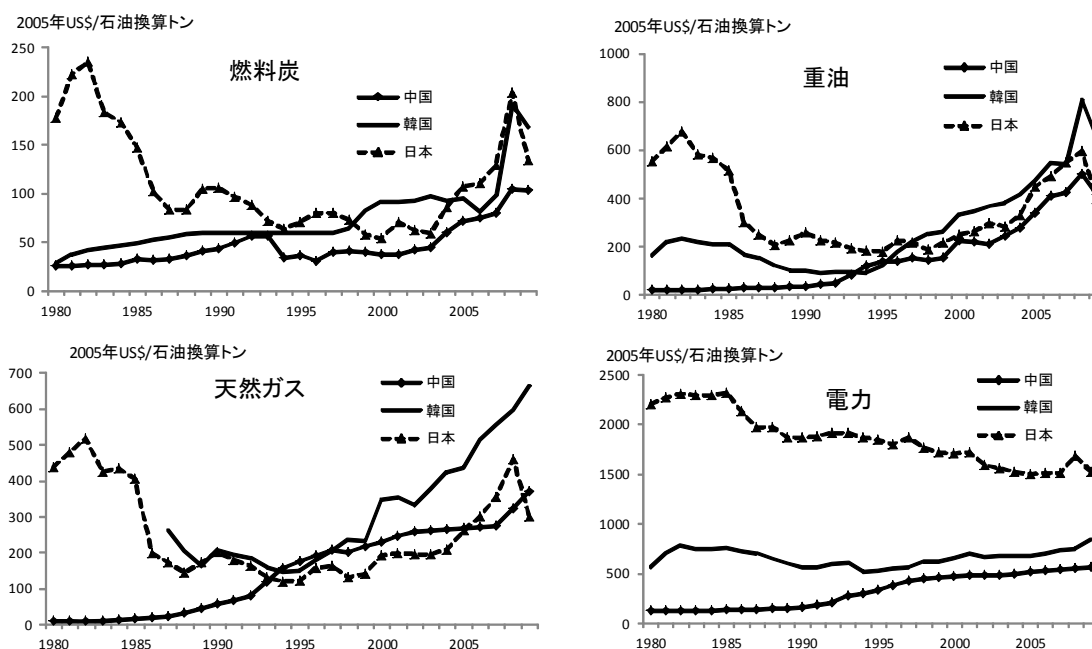
図7-3 日本・韓国・中国の鉄鋼業における電炉鋼の比率

3 エネルギー価格

以下の分析には、エネルギー価格データとして、IEA [各年版 b] の Energy Prices and Taxes 統計のデータを用いた。同統計は欠損値が多いため、そこから得られる範囲のデータをベンチマークとして用い、不足する期間については、各国統計及び海外電力調査委員会等のデータで補間・延伸推計を行った。中国の天然ガス価格については、IEA [2002, 2012]、竹

原 [2007,2010] のデータをベンチマークとして用いた。

図 7-4 は、燃料炭、重油、天然ガス、電力のそれぞれについて、産業用の日本、中国、韓国の名目価格を 2005 年の米ドル価格で表示したものである。燃料炭、重油については、各国間で価格差はあるものの幅はそれほど大きくないのに対して、電力については国による格差が大きい。例えば、韓国の産業用電力価格が低い水準にあることは、先に見た電炉比率が同国で高いことの一因にもなっていると推察される。以下の分析では、これらエネルギー源別の価格データを、各業種別の熱量ベースでのエネルギー投入シェアで加重平均して作成した集計価格を、各国の GDP デフレーターで実質化して業種別の実質エネルギー価格を推計した。分析には、この実質価格を価格上昇時と下降時の 2 種に分割した変数を用いた (付図 7-3)。



出所) IEA [各年版 b] をベンチマークに推計された、星野 [2014] の図 3 を引用。なお、同じ定義のエネルギー種別で比較するため、上図の各国データは IEA の同統計が出典である。

図 7-4 日中韓の主要エネルギー源別にみた産業用価格

業種別の生産規模のデータとして、日本については EDMC [各年版 b] から業種別実質生産額を用いた。韓国については韓国銀行統計から経済活動別実質 GDP を用いた。中国については中国統計年鑑から業種別生産額を同生産価格指数で実質化して用いた。

4 モデルの推定結果

4.1 モデルの推定

モデルの推定および統計的検定には、カルマンフィルター・モデルの推定に関して定評がある STAMP8.2 (Koopman et al [2009]) ソフトウェアを用いた。推定期間は、1980年から2009年までの30年間である。最終的なモデルは、第6章の日本についての推定結果を参考に、価格、所得変数の当期、前期値、自己ラグの有無の組み合わせについて、(5-2)、(5-3) 式の需要トレンドに関する μ_t 、 φ_t の定式化を変えたモデルのなかから、パラメータの符号条件を満たし、誤差項についての正規性その他の統計的検定で問題ないと判断されたものを選択した。そのうち AIC 基準をもとに最良のモデルを決定した。各検定パラメータの詳細は、推定結果とあわせて付表 7-1 に示す。

4.2 価格弾力性

図 7-5 は、日本、中国、韓国のエネルギー多消費産業について、価格上昇時、価格下降時の長期価格弾力性の継時変化を示したものである。価格弾力性は、時変パラメータとして推定した。その結果、中国と韓国の一部業種で期間中若干の変化はみられるものの、中国

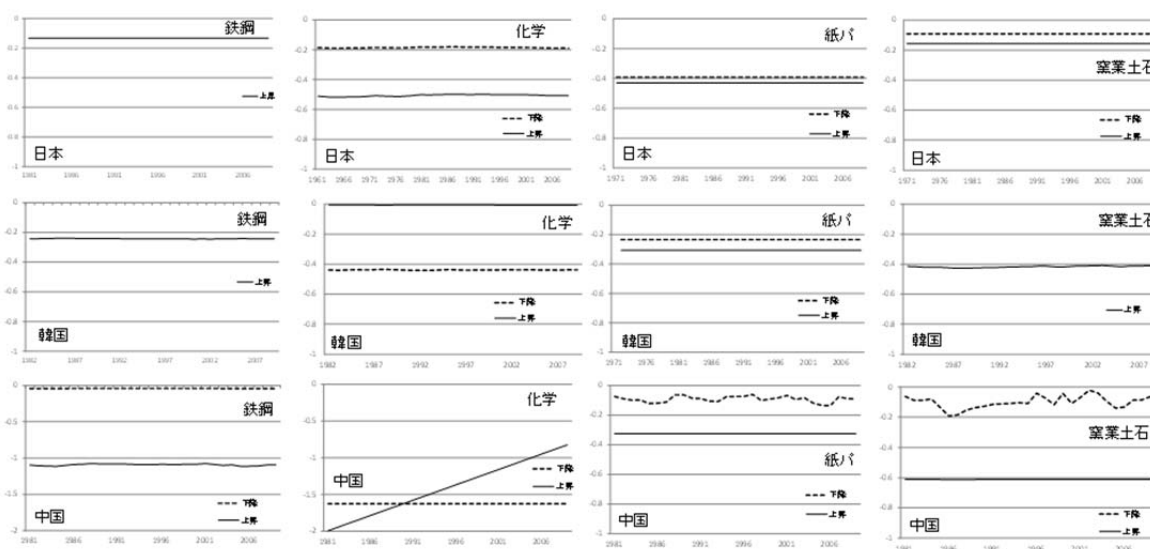


図 7-5 日中韓の業種別にみたエネルギー需要の価格弾力性の継時変化

の化学産業を除けば、いずれも平均すると期間中、ほぼ一定であった。この結果は、第6章の日本に関する分析結果とも整合的である。これまでの先行研究では、推定期間によっ

て、価格弾力性の推定結果が異なることが指摘されてきたが、これは、価格弾力性が時間とともに変化しているためではなく、価格に対する反応の非対称性が存在するためと考えられる。

表7-1は、業種別の短期・長期の価格弾力性をまとめたものである。ただし窯業土石と中国、韓国の紙パについては自己ラグ項が有意な説明力を持たず、(5-18)式において、 $\gamma = 0$ であるので、短期、長期の弾力性は等しい。推定結果から、ほとんどの国・業種で上昇時と下降時の価格弾力性が異なる非対称性を確認することができる。表7-1の3段目は、この差を示したものである。その結果を見ると、中国の鉄鋼では際立って大きいほか、韓国、中国の窯業土石でも比較的差が大きいことがわかる。

表7-2は、上昇時と下降時の価格弾力性の差が統計的に有意なものか否かについて、(6-1)式で示す「ウェルチの平均値の差の検定」の検定量のt値をみたものである。価格上昇時の

表7-1 日中韓のエネルギー多消費産業についての
エネルギー需要の価格弾力性

	鉄鋼		化学		紙パ		窯業土石	
価格弾力性(短期)	上昇期	下降期	上昇期	下降期	上昇期	下降期	上昇期	下降期
日本	-0.08		-0.21	-0.08	-0.16	-0.14	-0.16	-0.09
韓国	-0.19		-0.03	-0.23	-0.31	-0.23	-0.42	
中国	-0.56	-0.02	-0.43	-0.49	-0.32	-0.09	-0.61	-0.10
価格弾力性(長期)	上昇期	下降期	上昇期	下降期	上昇期	下降期	上昇期	下降期
日本	-0.13		-0.51	-0.19	-0.44	-0.39	-0.16	-0.09
韓国	-0.25		-0.06	-0.44	-0.31	-0.23	-0.42	
中国	-1.09	-0.04	-1.41	-1.63	-0.32	-0.09	-0.61	-0.10
上昇時と下降時の価格弾力性の差(長期)								
日本		-0.13		-0.32		-0.06		-0.07
韓国		-0.25		0.38		-0.07		-0.42
中国		-1.05		0.22		-0.23		-0.51
シフトパラメータ:鉄鋼(電炉比率)(長期)								
日本		-0.33						
韓国		-0.50						
中国		-						

表7-2 価格上昇時と下降時での価格弾力性の差の検定

日本	t値	韓国	t値	中国	t値
鉄鋼	-	鉄鋼	-	鉄鋼	6.98**
化学	8.18**	化学	-5.32**	化学	-1.17
紙パ	1.35*	紙パ	1.92**	紙パ	6.373**
窯業土石	3.99**	窯業土石	-	窯業土石	6.374**

注) **は片側5%水準、*は同10%水準で有意。

価格弾力性と価格下降時の価格弾力性の両者の値に差がないという帰無仮説を検定したところ、日本の紙パ、中国の化学産業を除けば、両者の間に有意な差があることが確認できた。

価格上昇時と下降時の間で有意な差が確認されたもののうち、韓国の化学以外で、価格下降時よりも価格上昇時で大きな価格弾力性が推定されている。なお、日本、韓国の鉄鋼では、価格下降時の価格変数について、符号条件を満たすパラメータを推定することができなかつたため、価格要因については、価格上昇時の価格変数のみで説明するモデルになっている。国別に比較すると、紙パを除く業種において、日本、韓国よりも中国の価格弾力性の方が高いことが確認できる。

価格上昇時の価格弾力性が下降時の価格弾力性よりも大きいことは、エネルギー価格上昇によって起きるエネルギー需要の減少には、同程度の価格低下によっても相殺されない不可逆的な省エネ効果が含まれていることを意味している。従ってこれらの国・業種では、価格上昇が、エネルギー効率向上に大きく寄与したことが示唆される。

ところで鉄鋼産業では、図 7-3 で見たように、国によって電炉比率が大きく異なる。また、同比率は経年的にも変化していることから、鉄鋼産業のエネルギー需要関数の推定にあたっては、この電炉比率が変化する影響を除外する必要がある。本来であれば、電炉・高炉別のエネルギー需要関数を推定できることが最も望ましいが、データの制約があることから、本論文では、同比率の対数値をシフトパラメータとして、推定モデル (5-18 式) に加えた。表 7-1 の最下段は、この推定結果を示す。それによると、同比率の 1% の上昇は、日本で 0.3%、韓国で 0.5% だけエネルギー需要を減少させる効果を持つ。一方、中国の同パラメータ推定値は、ほぼゼロと、電炉比率の変化は説明力を持たなかつた。

ここで日本についての推定結果を、第 6 章の結果と比較する。同分析での価格上昇期の価格弾力性は、鉄鋼で -0.16、化学で -0.14、窯業土石で -0.22、紙・パで -0.20 であった。鉄鋼、窯業土石の結果は概ね似通っているが、化学、紙・パでは、本論文の分析で、より大きな値が推定されている。第 6 章の分析では、1955 年以降の長期間のデータを用いた分析を行うために、エネルギー需要データには、EDMC [各年版 a] の値を用いた。補論で示すように、同統計と今回用いた IEA 統計を比較すると、化学では 1990 年以降、紙・パでは 2000 年以降に両データ間に乖離がみられる。推定結果の差異は、このために生じたと考えられる。この点を除けば、価格に対する反応の非対称性や、価格弾力性の経時的な安定性については、第 6 章の推定結果と整合的であった。

4.3 生産弾力性

(5-18) 式は、産業部門の要素需要関数としてのエネルギー需要関数であることから、 α_t はエネルギー投入の生産規模に関する弾力性 (以下では、生産弾力性と呼ぶ) を示している。

図 7-6 は、業種別に、 $\alpha_t/(1-\gamma_t)$ から求めた、国ごとの長期生産弾力性の推定結果を経時的に比較したものである。日本については、期間中大きな変化は見られない。第 6 章の結

果と比較すると、日本の生産弾力性の水準は、化学、紙・パで、それぞれ 0.2、0.4 程度高く推定されており、ともに 1.0 である。これは、(3-7) 式より、 $\delta + \theta = 1$ であることを意味することから、(3-1) 式 of 生産関数において、規模に関する収穫一定であることを意味している。

化学、紙・パの両業種については、前節で述べたように、推定に用いたエネルギー需要データの違いが、第6章の推定結果との違いをもたらしていると考えられる⁵。

次に、中国、韓国の生産弾力性の推定結果についてみてみたい。中国の鉄鋼、韓国の窯業土石を除くと、推定された長期の生産弾力性の水準は日本よりも低いが、その値は、期間中、緩やかに上昇傾向にあることが確認できる。生産弾力性が 1 よりも小さいことは、(3-1) 式で示す生産関数において、 $\delta + \theta > 1$ 、すなわち、収穫逓増であることを意味している。これは、(3-8) 式から、生産規模の拡大に伴ってエネルギー需要の消費原単位が低下することを意味しており、中国、韓国のこれら業種においては、生産拡大によるエネルギー効率の改善余地が大きいことを示唆している。同時に、この生産弾力性は趨勢的に上昇していることから、生産規模拡大による原単位の低下効果は次第に小さくなっていると考えられる。

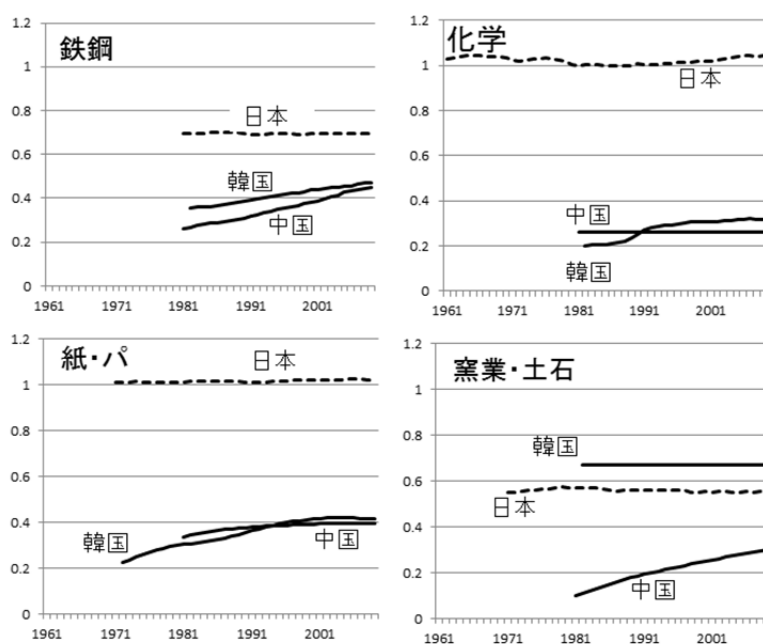


図 7-6 日中韓のエネルギー多消費産業についての
エネルギー需要の長期生産弾力性

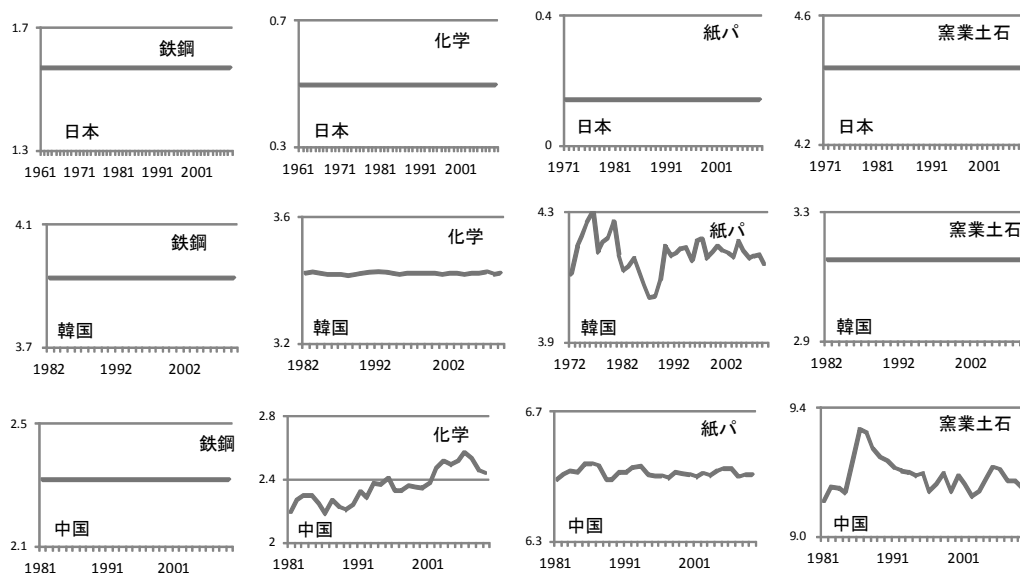
⁵日本の化学、紙パについては、より長期間のデータを用いた第6章の結果も尊重すべきであり、ここでの推定結果には一定の留保が必要であろう。

4.4 需要トレンド

(5-18) 式の μ_t に相当する需要トレンドは、エネルギー需要に影響を及ぼすものうち、生産要因、価格要因といった内生的要因以外の、様々な外生的要因が複合したものである。産業部門で例を挙げると、需要トレンドを変化させる要因としては、生産方式の革新、製品構成の変化や工場の省エネ規制などが考えられる。

先にみた第6章の日本の業種別の推定結果によると、鉄鋼、紙パ、窯業土石では、期間中、大きな変化はみられず、化学については若干の変動はみられるが平均してほぼフラットな動きを示していた。ここで、需要トレンドがフラットということが、エネルギー効率の向上がなかったことを意味するものではない、という点に注意が必要である。観測期間でのエネルギー効率（生産規模あたりのエネルギー投入量で示す原単位）の変化は、産業横断的なエネルギー効率の向上や政策・制度の変更といった外生的要因ではなく、生産規模の拡大による経済性効果や、第4章でみてきた価格に対する反応の非対称性で捉えられるような価格上昇による省エネ効果といったモデルの構造パラメータでも説明できるからである。また、需要トレンドは様々な要因の複合であることから、仮に外生的な技術変化があっても、同時にエネルギー集約的な製品構成への需要シフトが起きた場合には、それらの効果が複合することによって需要トレンドは変化しない可能性もある。

図7-7をみると、日本については、第6章の結果と同様に、いずれの業種においても需要トレンドの変化は見られない。一方、韓国の紙パ、中国の化学、窯業土石については、需



注) 縦軸は需要の対数値。

図7-7 日中韓のエネルギー多消費産業についてのエネルギー需要トレンド

要トレンドの変化がみられる。この需要トレンドの変化の背景については、個別業種についてより詳細な分析が必要であり、今後の課題としたい。このうち中国の窯業土石については、次章で詳しく考察する。

5 エネルギー消費原単位の要因分解

推定したパラメータを用いて、(5-26) 式をもとに 1980 年以降の日本、韓国、中国の製造業の業種別エネルギー消費原単位の変化について要因分解を行った（表 7-3、付図 7-4）。エネルギー価格要因については、エネルギー価格上昇時には省エネに、下降時には増エネに、と対称的に作用する要因と、エネルギー上昇時にのみ非対称的に作用する要因の 2 つに分けて分析を行った。

まず韓国についてみると、高度経済成長が開始した 1980 年代においては、原単位の低下に対する価格要因のマイナスの寄与は小さく、化学や紙パでは、むしろ原単位を悪化させる方向に働いていたことがわかる。この時期の原単位低下に最も貢献したのは、生産規模拡大であった。1990 年代にはいると、鉄鋼や窯業土石で、価格上昇時にのみ非対称的に作

表 7-3 原単位変化要因の分解

業種	要因	1970年代	1980年代	1991-00	2001-09	業種	要因	1980年代	1991-00	2001-09
日本						中国				
鉄鋼	トレンド	-	0.0%	0.0%	0.0%	鉄鋼	トレンド	-0.9%	0.3%	0.5%
	規模拡大	-	-0.1%	0.5%	0.5%		規模拡大	-2.2%	1.9%	-6.1%
	電炉比率	-	-0.5%	0.3%	1.0%		電炉比率	-	-	-
	非対称的価格効果	-	-0.1%	-0.1%	-1.3%		非対称的価格効果	-1.1%	-5.0%	-4.2%
	対称的価格効果	-	-	-	-		対称的価格効果	0.0%	0.1%	-0.1%
化学	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	化学	トレンド	1.5%	3.7%	3.5%
	規模拡大	-2.8%	0.5%	1.0%	3.2%		規模拡大	-12.4%	-7.2%	-14.0%
	非対称的価格効果	-4.7%	-0.2%	-0.8%	-2.7%		非対称的価格効果	-2.0%	1.6%	3.5%
	対称的価格効果	-2.1%	1.2%	0.4%	-1.0%		対称的価格効果	-1.7%	-6.1%	-3.2%
窯業土石	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	窯業土石	トレンド	1.4%	-0.4%	-0.4%
	規模拡大	1.7%	-1.7%	0.1%	1.6%		規模拡大	-2.1%	-1.1%	-9.5%
	非対称的価格効果	-0.6%	-0.3%	-0.1%	-0.4%		非対称的価格効果	-0.9%	-2.4%	-7.8%
	対称的価格効果	-0.6%	0.2%	0.0%	-0.4%		対称的価格効果	0.8%	-0.1%	-1.5%
紙パ	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	紙パ	トレンド	0.2%	-0.1%	0.0%
	規模拡大	-1.7%	-2.0%	0.8%	1.8%		規模拡大	-3.6%	-3.7%	-12.1%
	非対称的価格効果	-0.2%	0.0%	0.0%	-0.1%		非対称的価格効果	-0.3%	-1.2%	-3.3%
	対称的価格効果	-1.3%	0.8%	0.0%	-0.1%		対称的価格効果	0.2%	0.1%	-1.1%
韓国										
鉄鋼	トレンド	-	-0.5%	0.8%	-0.6%					
	規模拡大	-	-5.0%	1.3%	3.0%					
	電炉比率	-	-0.4%	-1.5%	-4.7%					
	非対称的価格効果	-	-0.2%	-1.1%	-1.8%					
	対称的価格効果	-	-	-	-					
化学	トレンド	-	0.0%	0.0%	-0.1%					
	規模拡大	-	-2.6%	-0.7%	-1.5%					
	非対称的価格効果	-	4.9%	-2.3%	-1.6%					
	対称的価格効果	-	0.1%	3.2%	3.1%					
窯業土石	トレンド	-	0.0%	0.0%	0.0%					
	規模拡大	-	-6.2%	0.8%	-0.7%					
	非対称的価格効果	-	-0.1%	-0.9%	-2.8%					
	対称的価格効果	-	-	-	-					
紙パ	トレンド	-	0.9%	0.0%	-0.6%					
	規模拡大	-	-2.5%	2.7%	-0.8%					
	非対称的価格効果	-	-0.1%	-0.3%	-0.4%					
	対称的価格効果	-	2.2%	0.4%	-1.2%					

用する原単位の低下効果が働いている。また、韓国の鉄鋼における1990年代から2000年代にかけての原単位の改善には、電炉比率の上昇が大きく寄与していることを確認できる。

次に中国についてみると、化学以外の産業において、経済成長が加速した2000年代に、生産規模拡大が原単位の低下に大きく寄与したことがわかる。一方、価格上昇時にのみ非対称的に働く原単位低下効果は、鉄鋼では1990年代以降、窯業土石、紙パでは2000年代に寄与している。第6章の日本についての分析や、上で述べた韓国についての分析からは、高度経済成長期には生産規模の拡大効果が、それ以降の成熟期には価格効果が、原単位の低下に寄与した、という結果を得たのに対し、中国の場合には、異なる結果となった。

日本や韓国の高度経済成長期においては、新規設備の導入による生産性の上昇が、労働生産性、エネルギー生産性を同時に高めた結果、エネルギー消費効率も高まった（エネルギー原単位が低下した）と考えられる。これに対して中国においては、生産規模の拡大時期が、国際エネルギー価格が持続的に高騰した時期と重なったことから、高度経済成長期の生産規模拡大の時期から、エネルギー節約的な新規設備の導入が行われた可能性を示唆している。

6 まとめと考察

本章では、日本、韓国、中国の3か国のエネルギー多消費産業に焦点を当て、途上国のエネルギー価格制度改革によるエネルギー需要の抑制効果を左右する価格弾力性を中心に実証分析を行った。以下では、まず価格弾力性、生産弾力性のそれぞれの計測結果から明らかになった点を整理する。

まずエネルギー価格の影響については、以下の点が明らかになった。

- (1) 価格上昇時と下降時の価格弾力性は、日本の紙パ、中国の化学以外は、有意に異なる。
- (2) 国別比較の結果、紙・パを除く全ての業種において、中国の価格弾力性は、日本や韓国に比べて高い。
- (3) 中国の鉄鋼、窯業土石、韓国の窯業土石の各産業では、価格上昇時と下降時の価格弾力性の差異が大きいことから、エネルギー価格上昇によって起きるエネルギー需要の減少には、同程度の価格低下によっても相殺されない不可逆的な省エネ効果が含まれると考えられる。中国の鉄鋼、セメント産業は、同国の産業用エネルギー需要の半分、国全体のエネルギー需要の4分の1を消費している。このことは、中国が今後、国内のエネルギー価格に対する規制を徐々に緩めていくことで、産業部門においても、価格効果によるエネルギー需要の抑制に期待できることを示唆している。

生産規模拡大の影響については、以下のことが明らかになった。

- (1) 日本の生産弾力性は、比較的高めで、期間を通して大きな変化は見られない。
- (2) 韓国、中国の生産弾力性は、中国の鉄鋼、韓国の窯業土石以外で、日本よりも低く、期

間を通じて緩やかな上昇基調にある。

(2)の点は、韓国、中国において、生産規模の拡大によるエネルギー効率の向上（原単位の低下）度合いが大きいことを意味する。生産規模の拡大による効率向上の影響には大きく2つの側面がある。1点目は、産業の発展期にある途上国では、生産規模の拡大が新技術導入の機会になること、2点目は、新規参入と同時に、生産効率の低い中小零細企業の整理統合や産業の再編が進められやすいこと、である。途上国においては、生産規模の拡大をいかに高効率技術の導入につなげていくかが重要であろう。

日本や韓国の高度経済成長期においては、新規設備の導入による生産性の上昇が、労働生産性、エネルギー生産性を同時に高めた結果、エネルギー消費効率も高まった（エネルギー消費原単위가低下した）と考えられる。これに対して中国においては、生産規模の拡大時期が、国際エネルギー価格が持続的に高騰していく時期と重なったことから、最初から、エネルギー節約的な新規設備の導入が行われた可能性を示唆する結果となった。

以上の分析から、途上国においても、エネルギー価格制度の改革は、省エネ促進の面から一定の有効性があることが示唆された。本章では、ともに東アジアに位置する輸出主導型の経済発展モデルで成長してきた日本、中国、韓国の3か国を比較分析してきたが、次章では、より広範な国を対象にした分析を試みたい。

参考文献

海外電力調査会 [各年版], 『海外電気事業統計』

韓国銀行統計 [各年版]

世界鉄鋼協会統計 [各年版]

竹原美佳 [2007], 『戦国時代を迎えた中国天然ガス産業』, JOGMEC, 2007.3 Vol.41 No2

竹原美佳 [2010], 『中国：2010年エネルギー価格改革 ～天然ガス価格改革、新資源税試行～』, JOGMEC 2010/6/7 ホームページ掲載

中国統計年鑑 [各年版]

日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット EDMC [各年版 a], エネルギーバランス表

日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット EDMC [各年版 b], エネルギー・経済統計要覧
星野優子 [2013], 『日本の製造業業種別エネルギー需要の価格弾力性の推計－国際比較のための分析枠組みの検討－』, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.34, No.1

星野優子 [2014], 『エネルギー多消費産業におけるエネルギー需要の価格弾力性－日本・韓国・中国の国際比較－』, エネルギー・資源学会論文誌, Vol. 35, No.1

Grubb, Michael [1995], Asymmetrical Price Elasticities of Energy Demand, in Barker, T., Ekins, P., Johnstone, N. (Eds), *Global Warming and Energy Demand*, Routledge, London, 305-310

Huntington, Hillard G [2006], A Note on Price Asymmetry as Induced Technical Change, *The Energy Journal*, 2006, vol.27, 1-8

IEA [各年版 a], Energy Balance of OECD / Non-OECD Countries

IEA [各年版 b], Energy Prices and Taxes

IEA [2002], Developing China's Natural Gas Market

IEA [2012], Gas Pricing and regulation China's Challenge and IEA experience

IISD [2011], A citizens' guide to energy subsidy in Indonesia

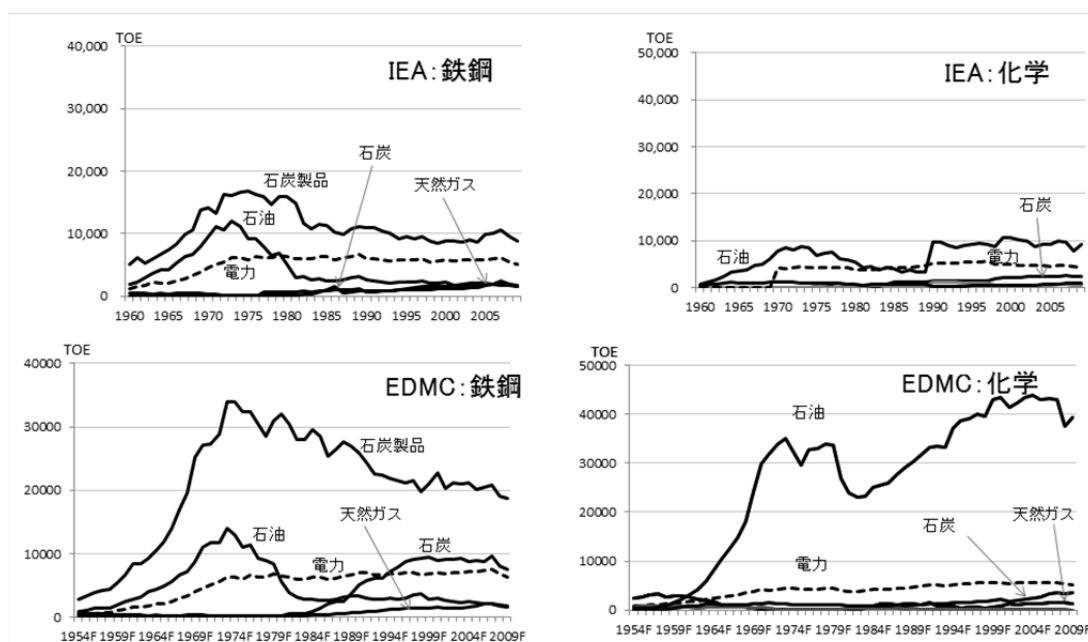
Koopman, Siem Jan, Andrew C. Harvey, Jurgen A. Doornik, Neil Shephard [2009], Structural Time Series Analyser and Modeller and Predictor STAMP 8.2, OxMetrics

Oda, Junichiro, Keigo Akimoto, Toshimasa Tomoda, Miyuki Nagashima, Kenichi Wada, Fuminori Sano [2012], International comparisons of energy efficiency in power, steel, and cement industries, *Energy Policy*, vol.44, 118–129

補論：IEA エネルギーバランス表と EDMC のエネルギーバランス表の差異（日本について）

IEA のエネルギーバランス表 Energy Balance of OECD Countries, Energy Balance of Non-OECD Countries の発熱量は、蒸発時に失われる蒸発潜熱を含まない「真発熱量」であるのに対し、EDMC ではこれを含む「総発熱量」で表記されている。その違いは、石炭、石油で 5%、天然ガスで 10%の違いとなる。また、業種別にみると、特に鉄鋼、化学で両者の間に大きな違いがみられる。鉄鋼では、原料炭の扱いが異なる。第 5 章で述べたように、IEA では、原料炭は最終エネルギー消費ではなく、転換部門に計上されている。化学では、ナフサの扱いが異なる。IEA では、ナフサは非エネルギー消費に計上されているのに対し、EDMC では、最終エネルギー消費に計上されている。

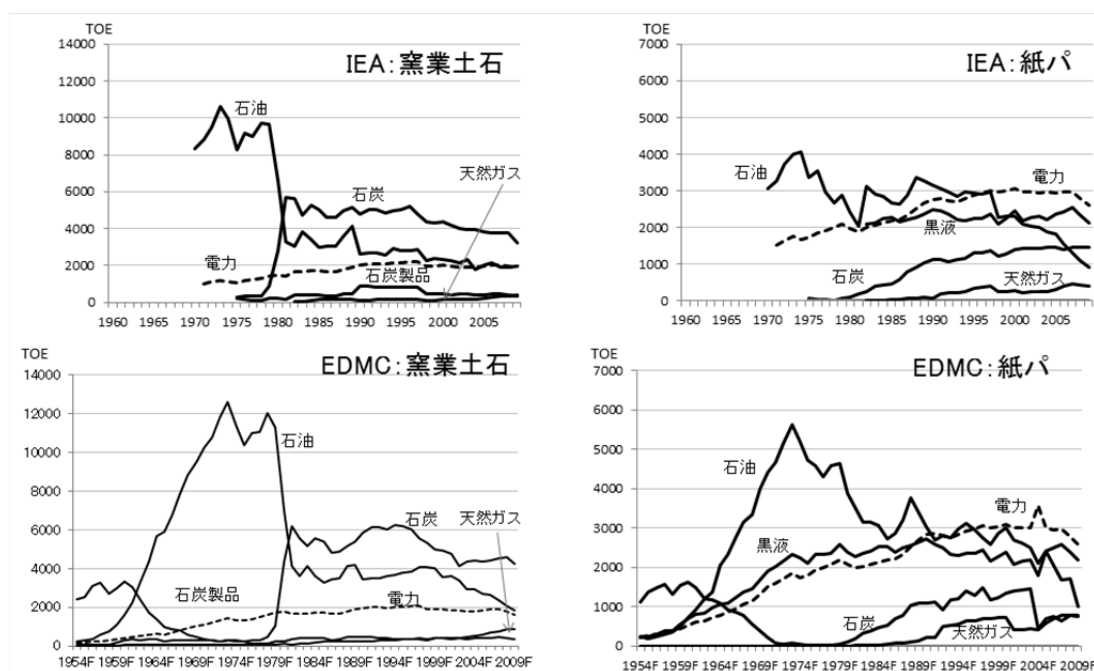
付図 7-1 は、IEA と EDMC のエネルギーバランス表で、日本の鉄鋼、化学産業のエネルギー源別の最終エネルギー消費量を比較したものである。鉄鋼についてみると、鉄鋼産業で投入される原料炭・同製品を含む EDMC のエネルギーバランス表では、IEA のエネルギーバランス表と比較して石炭製品の投入量が 2 倍近い。化学についてみると、ナフサ投入を計上している EDMC 統計では、石油製品の投入量が大幅に大きくなっている。



出所：IEA, Energy Balance, EDMC, エネルギーバランス表各年版

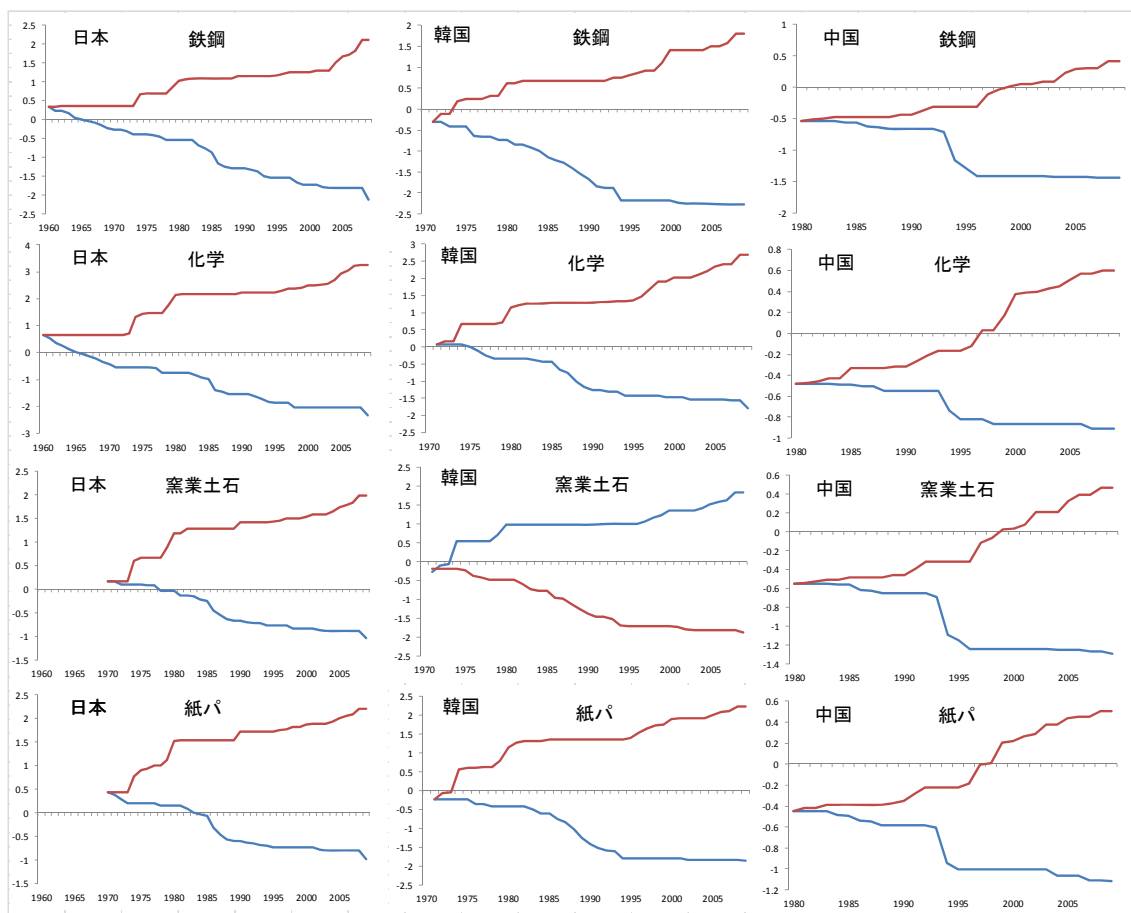
付図 7-1 日本に関する統計間の違い（鉄鋼、化学、単位：石油換算トン）

同様に、IEA と EDMC のエネルギーバランス表で、日本の窯業土石、紙パ産業のエネルギー源別の最終エネルギー消費量を比較したものが、付図 7-2 である。窯業土石についてみると、IEA と EDMC のエネルギーバランス表には大きな違いは見られない。これに対し、紙パでは、1970 年代の EDMC のエネルギーバランス表の石油投入は、IEA のエネルギーバランス表に比べて大きく、統計間で違いがあることが確認できる。



出所: IEA, Energy Balance, EDMC, エネルギーバランス表各年版

付図 7-2 日本に関する統計間の違い (窯業土石、紙パ、単位: 石油換算トン)



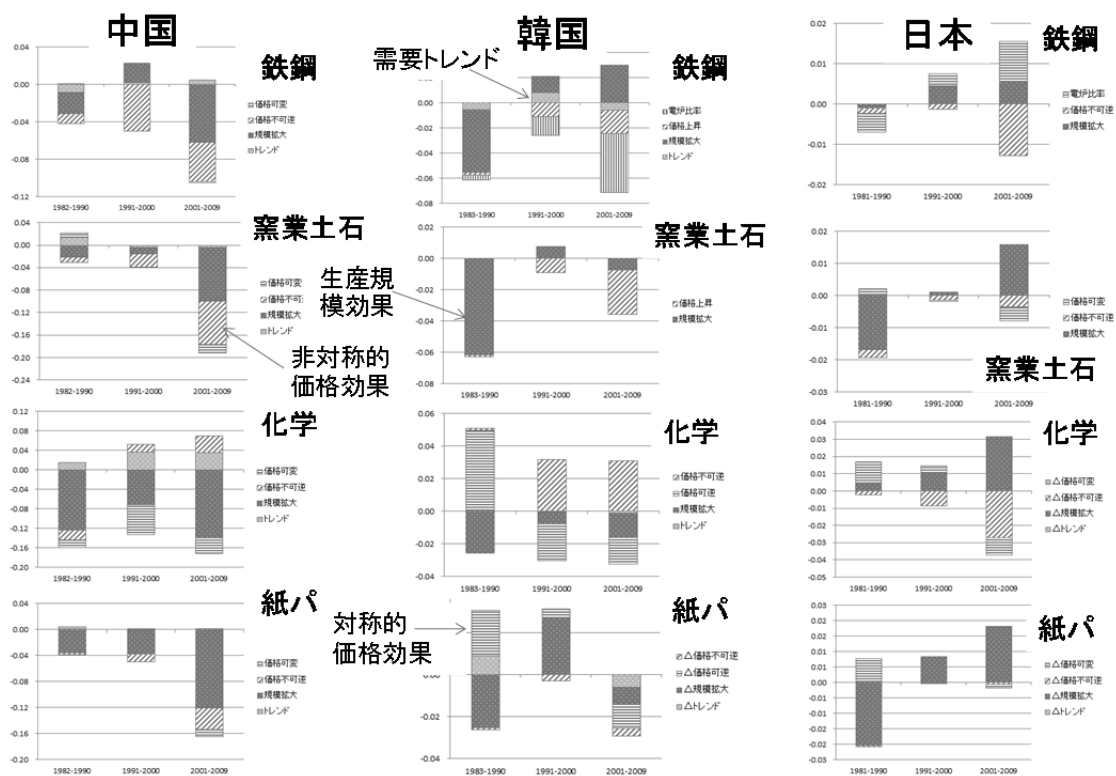
注) 上昇曲線は価格上昇時の、下降曲線は価格下降時の価格変数。(5-11) 式の各項に相当する。

付図 7-3 製造業の業種別実質エネルギー価格の分解 (価格上昇・下降時)

付表 7-1 推定結果の詳細

	日本				韓国				中国			
	鉄鋼	化学	窯業土石	紙・パ	鉄鋼	化学	窯業土石	紙・パ	鉄鋼	化学	窯業土石	紙・パ
推定パラメータ												
Xt 平均	0.423	0.421	0.561	0.369	0.319	0.146	0.670	0.352	0.180	0.079	0.214	0.381
Xt 最大	0.427	0.421	0.574	0.372	0.364	0.169	0.689	0.420	0.231	0.079	0.302	0.397
Xt 最小	0.420	0.421	0.550	0.366	0.274	0.105	0.645	0.224	0.133	0.079	0.099	0.338
上昇期価格	-0.081	-0.208	-0.157 一期前	-0.156	-0.187 一期前	-0.003	-0.417 一期前	-0.307 一期前	-0.562	-0.425	-0.612	-0.325
下降期価格	-	-0.076	-0.092 一期前	-0.142		-0.232		-0.235 一期前	-0.022	-0.491	-0.101 一期前	-0.092 一期前
自己ラグ	0.391	0.588		0.637	0.226	0.472			0.486	0.698		
Hyperparameters												
Irregular $\sigma^2_\varepsilon \times 10^4$	8.107	25.39	2.076	5.671	4.816	1.570	0.000	2.491	0.772	0.000	4.588	0.212
Level $\sigma^2_\beta \times 10^4$	0.000	0.002	0.000	0.000	0.204	1.523	0.001	31.69	0.069	35.27	57.5	6.310
Equation Residuals												
Standard Error (%)	2.68%	5.01%	1.51%	2.18%	2.27%	1.94%	1.24%	5.74%	1.06%	5.05%	7.42%	3.99%
Normality	2.190	2.357	1.386	0.031	1.508	1.753	2.703	5.454	1.688	0.238	1.433	1.290
Kurtosis	-0.347	0.446	0.083	-0.146	-0.620	0.101	-0.937	0.984	0.269	-0.858	-0.657	-0.174
Skewness	-0.590	-0.145	-0.381	0.026	0.528	0.095	-0.410	-0.041	-0.233	-0.098	0.433	-0.494
H	0.226 H(8)	0.608 H(14)	0.646 H(11)	0.626 H(10)	1.418 H(7)	0.526 H(6)	1.590 H(8)	0.173 H(11)	3.141 H(6)	0.413 H(7)	1.132 H(7)	0.739 H(7)
r(1)	0.201	-0.073	-0.017	0.021	-0.286	0.028	0.005	0.203	-0.191	0.138	-0.111	-0.217
r(5)	0.059	0.215	-0.024	0.047	-0.215	0.066	-0.012	0.134	-0.094	-0.186	0.201	-0.211
D.W.	1.369	2.112	1.962	1.680	2.438	1.744	1.667	1.558	2.351	1.496	2.020	2.061
Q	Q(6.5)=2.66	Q(6.5)=10.28	Q(5.4)=1.50	Q(5.4)=1.22	Q(5.4)=4.54	Q(5.4)=2.91	Q(5.4)=1.35	Q(5.4)=4.56	Q(5.4)=1.29	Q(5.4)=3.06	Q(5.4)=3.45	Q(5.4)=5.09
R ² s	0.936	0.992	0.983	0.984	0.998	1.000	0.999	0.994	1.000	0.988	0.981	0.994
Auxiliary residuals												
Irregular												
Normality	0.088	0.050	0.863	0.606	0.886	1.028	1.101	1.186	0.349	0.743	0.127	1.741
Kurtosis	0.029	-0.137	-0.346	-0.492	-0.525	-0.900	-0.809	0.460	0.269	-0.786	-0.010	-1.023
Skewness	-0.135	-0.039	-0.329	0.181	0.348	0.134	-0.269	0.367	-0.233	0.069	-0.165	-0.314
Level												
Normality	5.833	3.428	5.142	1.310	0.197	1.492	1.459	0.741	0.018	1.172	1.211	1.406
Kurtosis	1.272	0.629	0.623	-0.897	-0.076	-1.123	-0.925	0.784	0.119	-0.550	-0.437	0.535
Skewness	-0.896	-0.566	-0.689	0.018	0.202	0.067	-0.332	-0.299	-0.014	-0.419	0.450	-0.479
推定期間	1981-2009	1961-2009	1961-2009	1971-2009	1982-2009	1982-2009	1982-2009	1972-2009	1981-2009	1981-2009	1981-2009	1981-2009

注) Hyperparameter は、(5-1)、(5-2)、(5-3) 式の誤差分散を示している。誤差分散がゼロの場合には、確率変動しないことを意味する。Normality は Bowman-Shenton の正規性検定量で $X^2(2)$ 分布に従う。Kurtosis、Skewness はそれぞれ誤差分布の (歪度)、(尖度) を示す。Kurtosis がプラスならば正規分布より中央で尖り両端が長い裾野を持つ。マイナスならば正規分布より平坦。Skewness がゼロなら左右対称。プラスなら左に、マイナスなら右に歪む。H 統計量は分散不均一の検定量。帰無仮説は、最初の h 年と最後の h 年の分散が同一 (分散均一)。自由度 (h, h) の F 分布に従う。表中では、概ね 1.9 前後で棄却される。r(1)、r(6) は、それぞれ 1 期、6 期ラグ同士の系列相関係数を示す。DW ダービン・ワトソン比を示す。Q(a, b) は、Box-Ljung の Q 値で、最初の a 期についての誤差項の系列相関を示し、 $X^2(b)$ 分布に従う。R²s は、自由度修正済み決定係数を示す。



付図 7-4 日本・韓国・中国のエネルギー消費原単位の変化要因分解

第 8 章 窯業土石産業を対象にした途上国・先進国に関する分析¹⁾

内容

- 1 はじめに
 - 2 窯業土石（セメント）産業の特徴
 - 3 分析対象国と窯業土石産業の特徴
 - 4 分析に用いるデータ
 - 5 価格弾力性の推定結果
 - 6 エネルギー消費原単位の変化要因分解
 - 7 中国の窯業土石産業
 - 7.1 原単位低下の要因分解
 - 7.2 中国のセメント産業の特徴
 - 8 まとめと考察
 - 9 価格に対する反応の非対称性の推定結果のまとめ（6～8 章）
- 参考文献

1. はじめに

この章では、分析対象となる国を、地域や経済発展が異なる国にも広げ、エネルギー価格の需要への影響を比較することで、前章までの分析結果を、さらにどの程度、一般化できるかを確認するための材料を得る。

第 6 章の日本についての分析結果を踏まえて、前章では、共に東アジアの工業国である日本・中国・韓国のエネルギー多消費産業を対象に分析を行うことで、途上国において、エネルギー価格の変化が需要にどの程度の影響を与えるうるのか、それ以外の要因としてはどのようなものがあるのか、について分析を行った。その結果、韓国、中国のエネルギー多消費産業においても、日本と同様にエネルギー価格の上昇は、エネルギー消費原単位の低下に寄与すること、価格変化に対する需要の反応に非対称性があることを明らかにし

¹⁾ 本章の内容は、星野 [2014a,2014b]で報告した。

た。

また、日本や韓国の高度経済成長期においては、生産拡大に伴う新規設備の導入による生産性の上昇が、エネルギー生産性を同時に高めた結果、エネルギー消費効率も高まった（エネルギー原単位が低下した）と考えられることが分かった。これに対して中国においては、生産規模の拡大時期が、国際エネルギー価格が持続的に高騰していく時期と重なったことから、最初から、エネルギー節約的な新規設備の導入が行われた可能性を示唆する結果を得た。そこで、本章では、より多くの国を対象に同様の分析を行うことで、ここまで得られた分析結果が、途上国一般にも当てはまるのか否かについて検討する。対象としたのは、窯業土石産業である。

窯業土石産業を取り上げた理由は大きく2つある。1点目は、セメントなど窯業土石産業は、国内インフラの整備に欠かせないことから、途上国の経済発展初期に最初に立ち上がる産業であり、同時に、鉄鋼、化学、紙パと並んで、エネルギー多消費的な産業だという点である。このため、途上国の産業部門でのエネルギー需要を考えるうえで、窯業土石産業における省エネの進展は重要な課題である。

2点目は、途上国を含めた国際比較可能性の観点によるものである。第7章でとりあげたエネルギー多消費産業のうち、鉄鋼については、分析対象国間での「電炉比率」の違いをコントロールする必要がある。また、鉄鋼業では、高炉ガス、コークス炉ガスなどの副生ガスや熱の回収が複雑に行われており、これらプロセスのエネルギーバランスに関する途上国の統計精度には、一定の留保が必要となる。化学産業については、その内容が多岐にわたるため、各国の化学産業の特徴が、結果に大きく影響を与える可能性がある。紙パ産業でも同様に、国によって、パルプ製造の比率や古紙のリサイクル率などが大きく異なる可能性がある。これに対して窯業土石産業の生産プロセスは比較的シンプルで、国際間で大きな違いはないことから、国際比較に適していると考えた²。

以下では、セメント産業を含む窯業土石産業を対象に、集計量の省エネ指標であるエネルギー消費原単位の変化要因を分析する。特に、現状では国際水準からみて低く抑えられている途上国の国内エネルギー価格が、化石燃料に対する補助金撤廃などで上昇することで、省エネにどの程度期待できるのかを明らかにしたい。

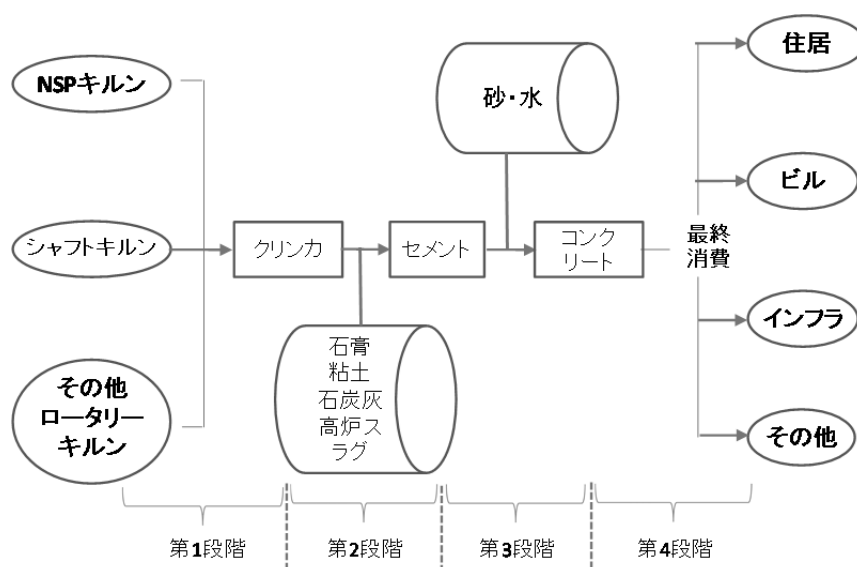
2 窯業土石（セメント）産業の特徴

窯業土石産業に分類される代表的な業種がセメント産業である。代表的なポルトランドセ

²前章で分析対象とした、日本・韓国・中国の3か国は、発展時期のずれはあるものの、輸出主導型の東アジアの成長モデルを共有し、比較的似通った産業発展を経験してきたことに加え、統計データも比較的整備されていることから、窯業土石産業以外の産業の国際比較も可能であった。

メントを例に、セメントの製造工程を示したのが、図8-1である。セメント製造工程は、大きく分けて、セメントの原料となる石灰石、粘土、鉄分などを一定の比率で調合し、細かく粉砕・乾燥する「原材料調合工程」、この調合済みの原料を、1,500度近くの高温で化学反応させ焼き固めセメントの元になるクリンカを製造する「焼成工程」、このクリンカに石膏を混ぜて粉砕し、いわゆるセメントを製造する「仕上げ工程」に分けられる。

このうち、エネルギー投入の最も大きいのが、原材料調合工程と焼成工程である。中でも焼成工程のエネルギー消費は全工程の約 8 割に達する。このため、焼成工程における省エネは早くから検討されてきた。特に大きな進展となったのは、キルンと呼ばれる焼成用の炉の技術革新で、シャフト式から回転式(ロータリー式)への転換、さらに SP (Suspension preheater kilns)、NSP (Neo Suspension preheater kilns) とよばれるより高効率なキルンへの転換が進められてきた。日本においては、石油危機後の 1970 年代に NSP キルンの導入が本格化し、既にその普及率は 100%に達している。



出所：Xu[2012] の Fig. 2 より

図 8-1 セメント製造工程

3 分析対象国と窯業土石産業の特徴

分析対象国は、表 8-1 に示した 12 개국である。これらの国については、IEA 統計からエネルギー需要と価格、UNIDO (United Nations Industrial Development Organization, 国際連合工業開発機関)、USGS (The United States Geological Survey, アメリカ合衆国地質調査所) から

表 8-1 分析対象とした 12 か国における窯業土石産業の特徴
(1978 年-2010 年の実績データの観察から)

	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	USGS 原単位 (最終年) 石油換算 トン/t	重量単価 (実質生 産額/t)
インド	1,503					○	7%	0.05	不変
インドネシア	3,557			○			10%	0.20	不変
タイ	5,460			○			34%	0.25	低下
中国	6,091					○	22%	0.10	微増
メキシコ	9,749				○		15%	0.12	不変
ポーランド		12,710				○	9%	0.17	上昇
台湾		20,930				○	10%	0.14	上昇
韓国		22,590				○	13%	0.10	上昇
英国		38,920			○		10%	0.35	微増
フランス		39,772				○	12%	0.20	上昇
日本		46,731				○	9%	0.14	上昇
オーストリア		46,822			○		13%	0.23	上昇

出所：IEA, USGS, World Bank, UNIDO より作成。

注) 産業用エネルギー需要に占めるシェアは 2010 年値

セメント生産のデータが入手可能である。表 8-1 では、経済発展段階の違いによる影響をみるために、一人当たり所得水準で対象国を分類している。

2012 年時点での、一人当たり所得が 1 万ドル未満、1 万ドル以上~3 万ドル未満、3 万ドル以上で分けると、インド、インドネシア、タイ、中国、メキシコの 5 か国、ポーランド、台湾、韓国の 3 か国、英国、フランス、日本、オーストリアの 4 か国に分けられる。

表 8-1 では、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整理している。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に関して、その期間中の変化の方向性をまとめたものである。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。

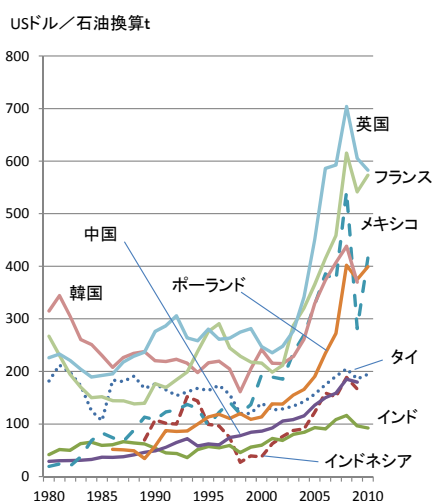
右から 2 列目は、USGS（The United States Geological Survey）統計によるセメント生産量 1 トンあたりの窯業土石産業のエネルギー消費量を示している。この値をみると、例えばインドでは 0.05 と先進国と比較しても低いことがわかる。これに対して英国では、0.35 とインドの 7 倍の大きさである。これらは、窯業土石産業生産額に占めるセメント産業のシェア、クリンカの国内生産比率などにも影響されることから、特にこの 2 か国については、分析結果の解釈に注意が必要ながわかる。

表の最右列は、USGS 統計による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について、期間中の変化の方向を示している。中国を除く、一人当たり所得が 1 万ドル未満の国々では、生産物の重量当たり生産金額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る。

4 分析に用いるデータ

図 8-2 は、IEA [各年版 b] を用いて推計した窯業土石産業の投入エネルギー平均価格（名目）の推移を、主要国について比較したものである。

2000 年以降の国際エネルギー価格の高騰期をみると、インド、インドネシア、タイ、中国といった途上国では、先進国に比べて価格上昇が低く抑えられていることがわかる。以下では、窯業土石産業を対象に、集計量の省エネ指標であるエネルギー消費原単位の変化要因を分析する。特に、現状では国際水準からみて低く抑えられている途上国の国内エネ



出所：IEA, Energy Prices and Taxes より作成

図 8-2 窯業土石産業の投入エネルギー平均価格

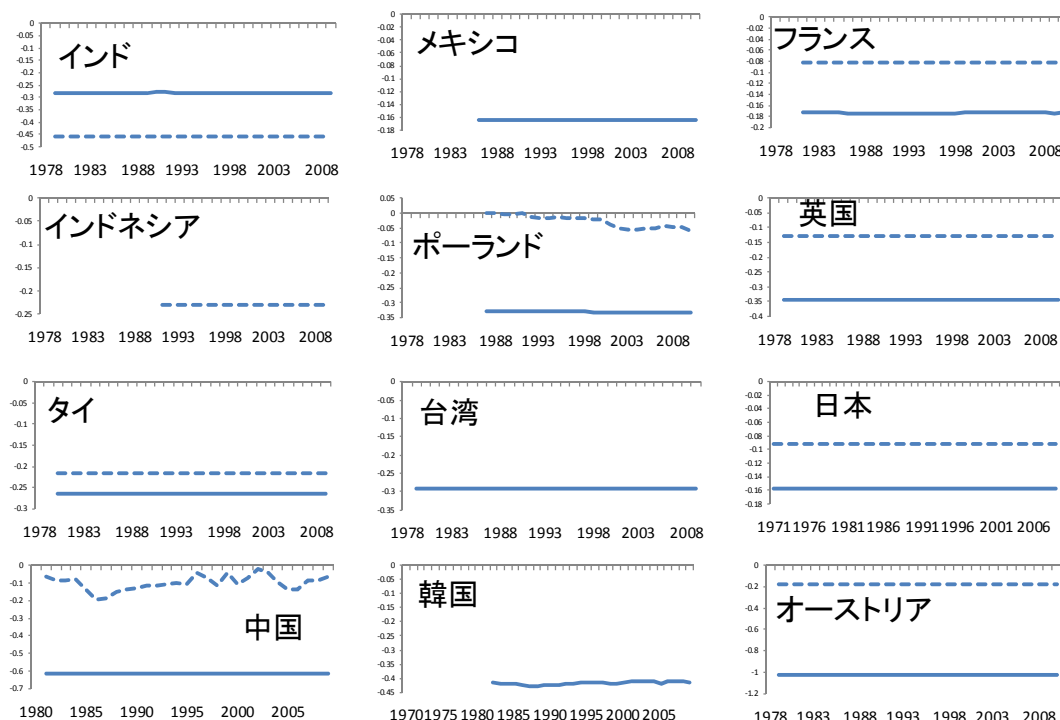
ルギー価格が、補助金撤廃などで上昇することで、省エネにどの程度期待できるのかを分析したい。エネルギー価格、エネルギー需要データの作成方法は、第5章に準拠した。

エネルギー需要データについては、IEA [各年版a] を用いた。窯業土石産業の生産額については、UNIDO (United Nations Industrial Organization) [各年版] をベンチマークに、USGS [各年版] のセメント生産量データを用いて補完推計した。

5 価格弾力性の推定結果

図8-3は、価格上昇時、価格下降時の価格弾力性の推定結果を示したものである。価格弾力性は、時変パラメータとして推定した。その結果、中国、ポーランドで期間中若干の変化はみられるものの、いずれも平均すると期間中、ほぼ一定であった。この結果は、第6章、第7章の分析結果とも整合的である。

表 8-2 には、推定された価格弾力性の値を示している。推定結果の詳細、および統計的検



注) 実線は最高価格更新時または価格上昇時の価格弾力性を、破線は価格下降時の価格弾力性を示す。ただし、ポーランドについては、実線が最高価格更新時、破線はそれ以外の価格上昇時を示す。

図 8-3 国別にみた窯業土石産業の価格弾力性の継時的変化

表 8-2 価格弾力性の推定結果

	価格弾力性		
	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
インド	-0.28		-0.46
インドネシア	-0.23		
タイ	-0.26		-0.22
中国		-0.61	-0.10
メキシコ		-0.16	
ポーランド	-0.03	-0.33	
台湾		-0.29	
韓国		-0.42	
英国		-0.34	-0.13
フランス		-0.17	-0.08
日本		-0.16	-0.09
オーストリア	-1.02		-0.18

定結果については付表 8-1 に示す。いずれも誤差項の正規性、分散均一性、系列相関の有無などに関する統計的検定では良好な結果を得ている。

表8-3は、推定された価格上昇時、下降時の価格弾力性の間に、有意な差があるか否かについて検定を行った結果である。有意な差がない、という帰無仮説のもと、(6-1) 式を用いた t 検定の結果を示している。上昇時と下降時の価格変数の両方を説明変数とする、インド、タイ、中国、フランス、日本、英国、オーストリアのそれぞれについて検定したところ、フランスでは片側の有意水準10%で、それ以外の国では同5%で帰無仮説を棄却できることから、推定された価格弾力性は価格上昇時と下降時で有意な差を持つことが確認できる。

表 8-3 上昇時と下降時での価格弾力性の差の検定

業種	t値	業種	t値
インド	-10.76**	日本	3.99**
タイ	2.72**	英国	4.72**
中国	6.37**	オーストリア	16.02**
フランス	1.95*		

注) **は片側5%水準、*は同10%水準で有意。

表8-2 の推定結果から、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になった。なお、インドネシア、メキシコ、ポーランド、台湾、韓国の5か国については、価格下降時の価格弾力性は、符号条件や説明力の点で推定モデルの説明変数からは外している。前述のようにインドについては、下降時の価格弾力

性の方が、上昇時よりも大きいという結果になった。既に表8-1でみたように、インドは、セメント生産量あたりの窯業土石産業のエネルギー消費量が低く、エネルギー需要に占める窯業土石産業のシェアも低いことから、窯業土石産業に占めるセメント業のシェアが低いと考えられる。このことが分析結果に影響した可能性もある。

図8-3、表8-2 の結果から、価格上昇時と下降時の価格弾力性に有意な差異が確認されたことは、エネルギー価格上昇によって起きたエネルギー需要の減少効果のうち、同程度の価格低下によっても相殺されない不可逆的な省エネ効果が存在したことを示唆している。

表 8-1 の分類を元に、途上国、先進国の結果を比較すると、価格上昇時と下降時との価格弾力性の差異は、中国を除くとそれほど大きくない。途上国の価格弾力性は、ゼロではないものの、先進国と比較して際立って大きいとはいえない結果であった。一方で、インドネシア、タイでは、オーストリアとならんで、最大価格更新時の価格変数の推定値が、最も大きい。これらの国では、エネルギー価格が単に上昇するだけではなく、過去最高価格を更新するような大きな変化を経験するときに、エネルギー節約的な技術化が起きやすいことを示唆している。すなわち、先進国では既に導入済みの高効率技術（例えば、乾式キルンなど）の導入が、過去になくエネルギー価格が上昇したことをきっかけに進みやすいことを示唆している。

6 エネルギー消費原単位の変化要因分解

図8-4、8-5 は、各国の窯業土石産業の生産額あたりエネルギー消費原単位を、1990 年を 1 として比較したものである。このうち図8-4 は一人当たりGDPが1万ドル未満の途上国についてみたものである。インド、中国ではエネルギー消費原単位の減少傾向が持続してい

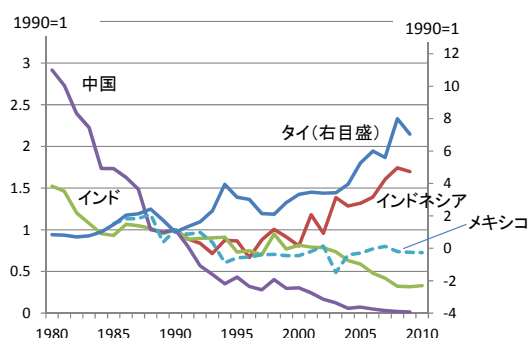


図 8-4 エネルギー消費原単位
(一人当たり GDP 1 万ドル未満)

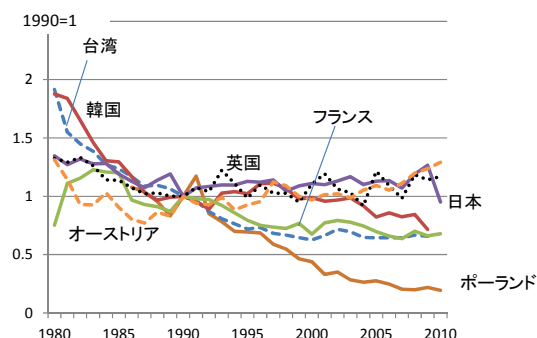


図 8-5 エネルギー消費原単位
(一人当たり GDP 1 万ドル以上)

るのに対し、インドネシア、タイの2か国では、増加傾向にある。メキシコは、1990年代後半以降はほぼ横ばいである。図8-5は、一人当たり所得が1万ドル以上の先進国についてみたものである。1990年代後半以降のエネルギー消費原単位は、ポーランドを除く、いずれの国もほぼ横ばいで推移している。

以下では、このエネルギー消費原単位がどのような要因で変化してきたのか、そのうち価格要因の寄与はどの程度かを、(5-26)式を用いた変化要因分解でみていきたい。表8-4、付図8-2は、各国のエネルギー消費原単位の変化要因分解の結果を、1980年代、1990年代、2000年代ごとの平均でみたものである。プラス方向は原単位の悪化を、マイナス方向は原単位の改善（省エネ）を意味する。

まず、価格要因についてみると、メキシコ、ポーランド、台湾、韓国の4か国では、価格上昇時にのみ非対称的に働く原単位の低下効果の寄与が大きい。これらの国々は、一人当たり所得が1万ドル～3万ドル未満で、依然として経済成長率は高いため、エネルギー価格の上昇が、新技術導入の契機となった可能性を指摘できる。

また、フランス、日本、英国、オーストリアは、一人当たり所得が3万ドル以上である。相対的に成熟した先進国のうち、フランス、日本、英国の3か国では、国際エネルギー価格

表 8-4 窯業土石産業のエネルギー消費原単位の変化要因分解

業種	要因	1980年代	1991-2000	2001-09	業種	要因	1980年代	1991-2000	2001-09
タイ	トレンド	7.4%	7.4%	7.4%	台湾	トレンド	-1.3%	-2.7%	2.6%
	規模拡大	-6.4%	3.4%	0.7%		規模拡大	-4.3%	-1.8%	0.6%
	非対称的価格効果	-3.5%	-1.5%	-0.3%		非対称的価格効果	-0.9%	-0.1%	-2.4%
	対称的価格効果	0.9%	1.2%	0.2%		対称的価格効果	-	-	-
インドネシア	トレンド		5.9%	5.9%	韓国	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%
	規模拡大		-6.3%	3.6%		規模拡大	-6.2%	0.8%	-0.7%
	非対称的価格効果		-0.7%	0.1%		非対称的価格効果	-0.1%	-0.9%	-2.8%
	対称的価格効果		-	-		対称的価格効果	-	-	-
インド	トレンド	2.7%	1.6%	0.7%	フランス	トレンド	-1.0%	-0.8%	-0.8%
	規模拡大	-7.5%	-5.9%	-12.3%		規模拡大	-1.0%	-1.2%	0.5%
	非対称的価格効果	0.7%	0.0%	0.4%		非対称的価格効果	-0.1%	-0.4%	-0.6%
	対称的価格効果	-0.2%	2.2%	0.8%		対称的価格効果	0.7%	-0.3%	-0.4%
中国	トレンド	1.4%	-0.4%	-0.4%	日本	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%
	規模拡大	-2.1%	-1.1%	-9.5%		規模拡大	-1.7%	0.1%	1.6%
	非対称的価格効果	-0.9%	-2.4%	-7.8%		非対称的価格効果	-0.3%	-0.1%	-0.4%
	対称的価格効果	0.8%	-0.1%	-1.5%		対称的価格効果	0.2%	0.0%	-0.4%
メキシコ	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%	英国	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%
	規模拡大	-2.4%	-2.8%	2.1%		規模拡大	-3.3%	0.8%	3.0%
	非対称的価格効果	-0.7%	-1.0%	-1.4%		非対称的価格効果	-0.5%	-0.2%	-1.7%
	対称的価格効果					対称的価格効果	0.1%	0.4%	-0.8%
ポーランド	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%	オーストリア	トレンド	0.0%	0.0%	0.0%
	規模拡大	-0.8%	-6.8%	-4.4%		規模拡大	-1.6%	-0.7%	2.8%
	非対称的価格効果	-0.4%	-1.5%	-3.7%		非対称的価格効果	-4.2%	0.0%	0.0%
	対称的価格効果					対称的価格効果	0.5%	0.5%	0.0%

の上昇が顕著であった2000年代に、価格上昇時にのみ非対称的に働く原単位削減効果の寄与が大きくなっている。ただし、先に見たメキシコ、ポーランド、台湾、韓国での価格要因の寄与よりは小さい。これに対してタイ、インド、インドネシアの3か国では、国際エネルギー価格が急騰した2000年代において、価格要因による原単位削減効果はみられない。インドでは、むしろ価格要因は原単位悪化方向に寄与している。

次に、生産規模拡大要因についてみると、経済発展に伴って、寄与の大きさや方向性が変化したことを観察できる。日本、英国、オーストリアでは、1980年代には、生産規模拡大が原単位削減に大きく寄与したが、1990年代には、その寄与は縮小し、英国、日本は小幅ながら原単位悪化方向に転じている。さらに2000年代には、一人当たり所得が3万ドル以上の4か国すべてで、生産規模の縮小が、大きく原単位を悪化させている。

台湾、韓国でも生産規模拡大効果は縮小傾向にあるものの、2000年代については原単位の悪化（上昇）への大きな寄与はみられない。一方、インド、中国では、生産規模拡大効果による原単位低下効果は、2000年代に増加している。これに対し、タイ、インドネシアでは、これまでのところ生産規模拡大効果は十分に発揮されていないことがわかる。

最後に需要トレンドの寄与についてみてみたい。各国の需要トレンドの推定結果は、付図8-3に示す。一人当たり所得が1万ドル未満の4か国では、需要トレンドの寄与はプラスであり、エネルギー消費原単位の悪化方向に寄与している。インド、中国の2か国では、原単位悪化への寄与は、2000年代にはなくなっているのに対し、タイ、インドネシアの2か国では、期間を通して大きく原単位悪化方向に寄与している。これら2か国は、クリンカの輸出国でもある。特にタイは、国内のセメント生産量（USGS 統計）の重量比で、2～3割にあたる量のクリンカを輸出（国連貿易統計）している。クリンカの焼成工程は、セメント製造の最終工程である粉碎工程に比べて、エネルギー集約的であることから、輸出需要に対応したクリンカ生産の増加が、需要トレンドを増加させた可能性が考えられる。

また、田島・朱・加島 [2010] は、中国のセメント産業では、経済発展初期に、国内需要の急増に対応するために、小規模のセメント工場が乱立したことが、エネルギー効率の悪化を招いたと指摘している。タイ、インドネシア両国においても、中国で観察されたことと同様のことが起きていた可能性も考えられる。

7 中国の窯業土石産業³

7.1 原単位低下の要因分解

以下では、途上国の経済発展段階における窯業土石産業のエネルギー需要について、中国を例に、さらに詳しくみていきたい。中国政府は、第11次五か年計画に引き続き、第12

³ この節の詳細は、星野 [2014a] で報告した。

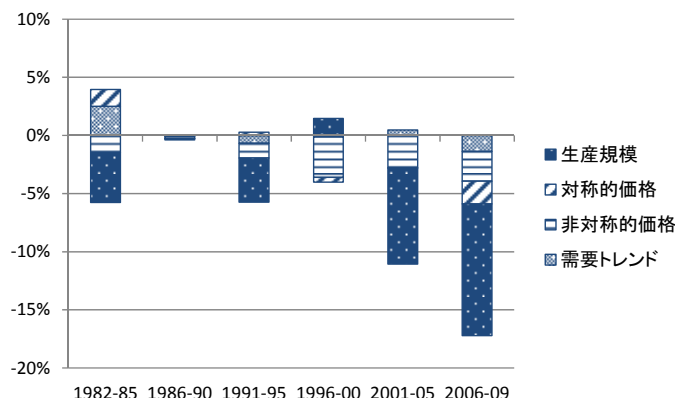


図 8-6 中国の窯業土石産業のエネルギー消費原単位の変化要因分解

次五か年計画においても、エネルギー消費原単位の削減目標を設定している。第 12 次 5 か年計画では、2015 年のエネルギー消費原単位を、2010 年比で 16% 低下させることを目標としている。

2010 年時点での中国の産業部門のエネルギー需要は、中国全体の 47% であり、窯業土石産業は、その産業部門のエネルギー需要の 22% を占める。セメントは、経済成長期にある中国において国内のインフラ建設に欠かせないことから、経済成長が加速した 2000 年以降、同部門のエネルギー需要は急増している。

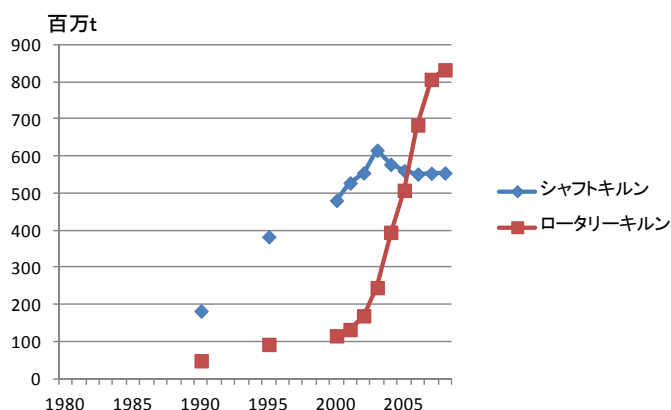
図 8-6 は、表 8-4 の中国の分析結果をもとに、期間をより細かく 5 年平均で要因分解した結果である。1980 年以降の中国の窯業土石産業のエネルギー消費原単位の低下に最も大きく寄与しているのは、生産規模効果である。期間別にみると、1990 年代前半は、経済開放が開始された時期であり、セメント需要の急増に応えた増産が行われた。1990 年代後半は、アジア通貨危機による需要の減少に加え、石炭を始めとする産業構造調整政策の影響を受け、生産規模が伸び悩んだ。このため、生産規模効果は全期間で唯一、プラス（原単位を悪化させる）に寄与している。2000 年以降は、インフラ需要の拡大から生産規模が急増した時期にあたり、生産規模効果はこの時期に最大になっている。

次に価格効果についてみると、1990 年代後半以降は、エネルギー価格制度改革が本格化したことにより、価格上昇時にのみ非対称的に働くエネルギー消費原単位の低下効果の寄与度は高まっている。

最後に、需要トレンドは、1980 年代前半は、プラスに寄与している。経済発展初期の国内のセメント需要の急増に対して、効率の低い小規模セメント工場が多数参入したことが要因として考えられる。この点について、以下で詳しく見ていきたい。

7.2 中国のセメント産業の特徴

中国では、地方の中小規模の事業所の多くで、エネルギー効率の悪い旧式のシャフト式



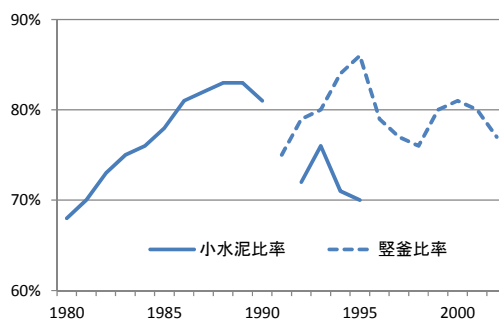
出所：Xu 他[2012]の Fig. 2 より作成

図 8-7 中国のキルンタイプ別生産量

キルンが使われていた。2000 年以降、省エネ政策の一環として、低効率の中小事業所の閉鎖や、ロータリー式キルンへの転換が急速に進められたが、NSP キルンの普及率は 2008 年時点で 6 割にとどまっている（図 8-7）。

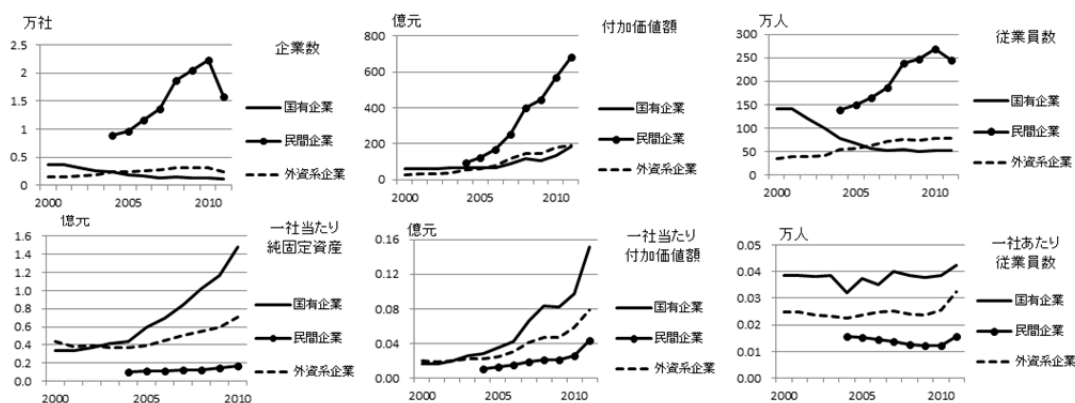
中国のセメント産業の特徴は、最先端技術を持つ少数の大企業と、旧来の技術で生産を続ける多数の地方中小企業とに二極分解している点である。田島・朱・加島他[2010]によれば、『二極分解のうちのひとつは、「大水泥（セメント）」と呼ばれる「大中型」セメント工場で、ここで作られたセメントは、必ずしも立地地域では流通せず、中央政府の物資部門で統一的に配分される。このため、地方の需要を満たすために、「小水泥（セメント）」と呼ばれる、建設が容易な竪窯式の小規模なセメント工場が作られた。

文化大革命期、1980 年代初頭、1992 年以降にそれぞれ小型セメント工場の建設ラッシュがあった。竪窯は、設備費用が安価な反面、品質の低いセメントしかつくりれない、大規模化ができない、エネルギー効率が悪い、などの欠点があるとされるが、中国では、独自の



データ出所：田島他[2010]より作成

図 8-8 中国における小規模セメント工場のシェア



出所：中国統計年鑑より作成

図 8-9 企業形態別に見た中国の窯業土石産業の主要指標の推移

技術改良、機械化が進んだ結果、多様な窯業生産方式が生まれた。』(以上の『 』内の引用部分は、田島他 [2010] を要約) (図 8-8)。

図 8-9 は、中国統計年報から、企業形態別に見た中国の窯業土石産業の主要指標の推移をみたものである。ここで、企業形態は、国有企業、外資系企業、民間企業の 3 つに分けている。窯業土石産業は、セメント以外の産業も含むことに注意は必要であるが、太宗を占めるのがセメント産業であり、大まかな特徴を捉えることはできると考える。

まず、企業数を見ると、圧倒的に民間企業が多く、2011 年時点で、国有企業の 13 倍になる。ところが、1 社あたりの付加価値額、従業員数は、民間企業が全企業形態のなかで最も小さい。企業数は大きくても、1 社あたりの規模は零細であることがわかる。特に顕著なのは、1 社あたりの純固定資産額である。2010 年時点では、国有企業の 1 社あたりの純固定資産額は、民間企業の約 9 倍の規模である。2000 年代後半以降の国有企業での純固定資産額の急増は、図 8-7 で見たロータリーキルンのシェア拡大の動きとも合致する。

以上から、田島他 [2010] で指摘されている、中国のセメント産業の二重構造、すなわち大多数の小規模セメント工場と、少数の大規模セメント工場が併存する二重構造は、2010 年時点でも継続していると考えられる。従って、中国のセメント産業では、エネルギー価格制度改革だけでなく、生産規模拡大によるエネルギー消費原単位の改善余地も依然として存在していることがわかる。

8 まとめと考察

本章では、第 6 章の日本の業種別を対象とした実証分析、第 7 章の日本、韓国、中国のエネルギー多消費産業を対象とした分析で得られた分析結果が、途上国一般でも観察され

のかについて、より多くの国を対象とした同様の分析で検討した。

分析にあたっては、生産プロセスが比較的シンプルで、国際間で大きな違いはないこと、エネルギー多消費産業のうち、途上国の経済発展初期に最初に立ち上がる産業であること、などの理由から、窯業土石産業を対象とした。エネルギー価格上昇による、エネルギー需要抑制効果にどの程度期待できるのかについて、先進国を含む12か国を対象にした実証分析を行った。

その結果、エネルギー需要の価格弾力性については、途上国においても、上昇時と下降時とで価格に対する反応が異なる非対称性があることが確認できた。価格弾力性の大きさについては、先進国、途上国間で大きな差異は確認できなかった。エネルギー消費原単位の変化要因分解を行った結果、特に経済発展の初期では、価格要因の寄与には大きく期待できないものの、生産規模拡大効果が発揮されるようになると、価格上昇による原単位削減への寄与も大きくなる傾向が確認された。これは、生産規模の拡大と同時に、より効率の良い設備導入が行われやすいことを示している。途上国におけるエネルギー需要の削減を考える場合には、経済発展段階に応じたエネルギー価格の適正化が重要になるといえる。

最後に、中国の例をとりあげ、途上国における窯業土石産業の実態からみた考察を試みた。中国の窯業土石産業において、エネルギー価格の上昇は、大企業を中心に新型設備の導入を加速させ、エネルギー消費原単位の削減効果をもたらしたと考えられる。また、中国の窯業土石産業は、日本以上に生産規模拡大の効果が大きく働きやすい構造を持っているものの、依然として少数の大規模企業と多数の小規模企業が併存する二重構造が続いていることを確認した。規模の経済性のメリットを最大限に生かすためには、需要の拡大に対して、小規模セメント企業の新規参入で対応するのではなく、企業数の集約と1社当たりの規模の拡大が重要であると考えられる⁴。

本論文では、エネルギー種別ごとの検討ではなく、集計したエネルギー消費量をいかに減少させるか、という論点で分析を行ってきた。しかし、例えば中国では、そのエネルギーの大半を石炭に頼っており、環境問題の観点からは、石炭から他の燃料にどのように転換していくかも、重要な課題である。これらの燃料間の代替の問題に関しては、今後の課題として取り組みたい。

9 価格に対する反応の非対称性の推定結果のまとめ（6～8章）

ここで、第6章以降の実証分析で得られた結果から、上昇時の価格弾力性と下降時の価

⁴ また、中国では、窯業土石産業だけではなく、鉄鋼でも中小規模の企業が多数存在している。この存続理由について、小田・秋元・和田・長島・佐野 [2012]では、1)地方政府による地域経済保護、2)安価な原材料・人件費・輸送制約、3)低い参入障壁と激しい競争、不確実性の高さ、企業の技術意欲の向上を挙げており、窯業土石産業の場合と多くの共通点がある。このように、経済発展段階において、中小企業のはたしてきた役割は、必ずしもマイナス面だけではないことにも留意する必要がある。

表 8-5 上昇時・下降時の価格弾力性の差（第 6 章～第 8 章の分析結果より）

6章		鉄鋼	化学	紙パ	窯業土石	非鉄	食品	繊維	機械	備考
EDMCデータ	日本	-0.05	-0.06	0.01	-0.17	-0.31	0.13	0.25	0.04	
	インド				0.18					一人当たりGDPが1万ドル未満
	インドネシア				-0.23					
	タイ				-0.04					
IEAデータ	中国	-1.05	0.22	-0.23	-0.51					一人当たりGDPが1～3万ドル未満
	メキシコ				-0.16					
	ポーランド				-0.33					
	台湾				-0.29					
	韓国	-0.25	0.38	-0.07	-0.42					
	英国				-0.21					一人当たりGDPが3万ドル以上
7章	フランス				-0.09					
8章	日本	-0.13	-0.32	-0.06	-0.07					
	オーストリア				-0.84					

格弾力性の差をまとめたのが表 8-5 である。これまでの分析から、多くの場合、価格上昇時の価格弾力性は、下降時の価格弾力性よりも大きいため、ほとんどの値はマイナスとなっている。

既に第 5 章でふれたように、上昇時の価格弾力性と下降時の価格弾力性の差は、エネルギー価格上昇によって起きるエネルギー需要の減少のうち、同程度の価格低下によっても相殺されない不可逆的な省エネ効果を捉えている。この差が大きい場合には、価格上昇によって引き起こされる不可逆的なエネルギー需要減少効果の程度が大きいことを意味する。

まず、第 6 章の結果から日本の業種別にみても、紙パを除くエネルギー多消費産業では、マイナスの差、すなわち、価格上昇によって起きる不可逆的な省エネ効果が存在するのに対し、エネルギー非多消費産業である、食品、繊維、機械では、プラスの差になっている。これらのエネルギー非多消費産業においては、エネルギー価格上昇時の省エネ効果よりも、エネルギー価格下落時の増エネ（例えば、製造工程の自動化、温度管理の徹底、クリーンルーム化など）効果の方が大きいことを意味している。

次に、エネルギー多消費産業について、日本と韓国、中国の比較を試みたのが、第 7 章である。上昇時、下降時の価格弾力性の差は、化学以外のすべての業種で、韓国、中国のマイナス幅が日本よりも大きく、途上国（ここでは中国）での価格上昇による省エネ効果が、先進国よりは小さいとはいえない可能性がある⁵。

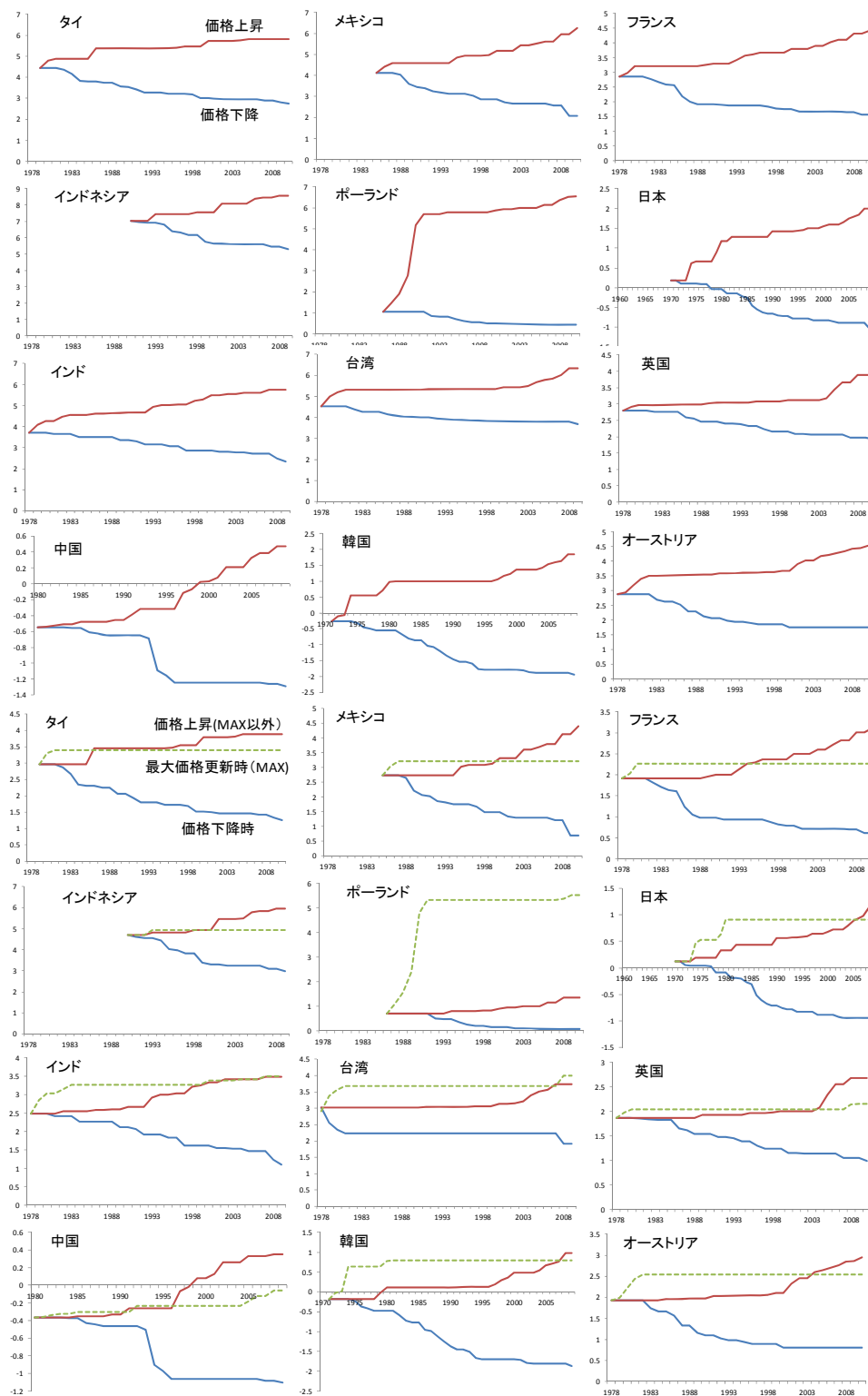
最後に、エネルギー多消費産業の中で、広範な国際比較に適した窯業土石産業を対象に、経済発展段階の異なる 12 か国について比較したのが、表 8-5 の第 8 章の結果である。インドを除くと、いずれもマイナスの値であり、経済発展段階が異なる国を比較しても、エネ

⁵ データの定義上の違いなどにより、EDMC データを用いた第 6 章の日本の結果と IEA データを用いた日本の結果は、必ずしも一致しない。

ルギー価格上昇による省エネ効果の存在を確認することができる。

参考文献

- 小田潤一郎, 秋元圭吾, 和田謙一, 長島美由紀, 佐野史典 [2012], 『中国における中小規模製鉄所の存続理由の考察』, 第 31 回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集 11-5
- 田島俊雄, 朱蔭貴, 加島潤 [2010], 『中国セメント産業の発展』, お茶の水書房
- 中国国家统计局 [各年版], 『中国統計年鑑』
- 星野優子 [2014a], 『中国のセメント産業におけるエネルギー消費原単位の変動要因分析』, 現代社会研究 第 11 号, 191-198
- 星野優子 [2014b], 『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
- IEA [各年版 a], Energy Balance of OECD/Non-OECD Countries
- IEA [各年版 b], Energy Prices and Taxes
- Xu, Jin-Hua, Tobias Fleiter, Wolfgang Eichhammer, Ying Fan [2012], Energy consumption and CO₂ emissions in China's cement industry: A perspective from LMDI decomposition analysis, *Energy policy*, Vol.50, 821-832.
- UNIDO (United Nations Industrial Organization) [各年版], INDSTAT(Industrial Statistics)
- USGS (United States Geological Survey) [各年版]
- World Bank [各年版], World Development Indicators

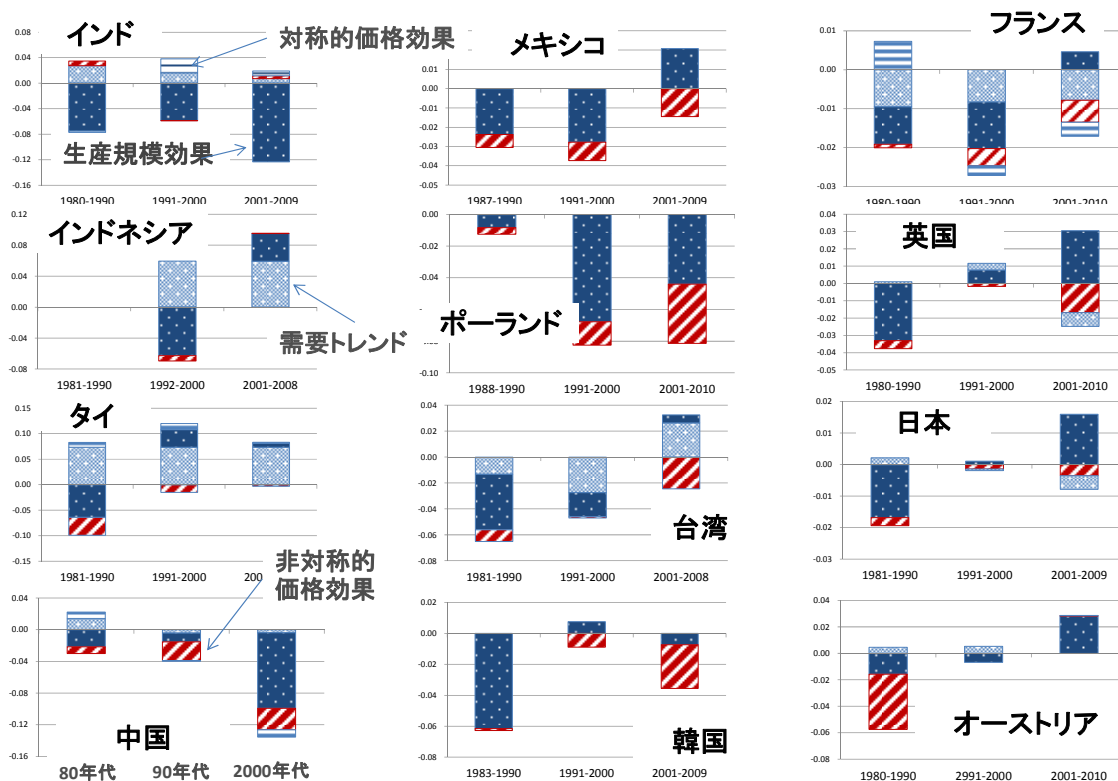


付図 8-1 窯業土石産業の実質エネルギー価格の分解
 上昇・下降（上段）、最大価格更新・それ以外の上昇・下降（下段）

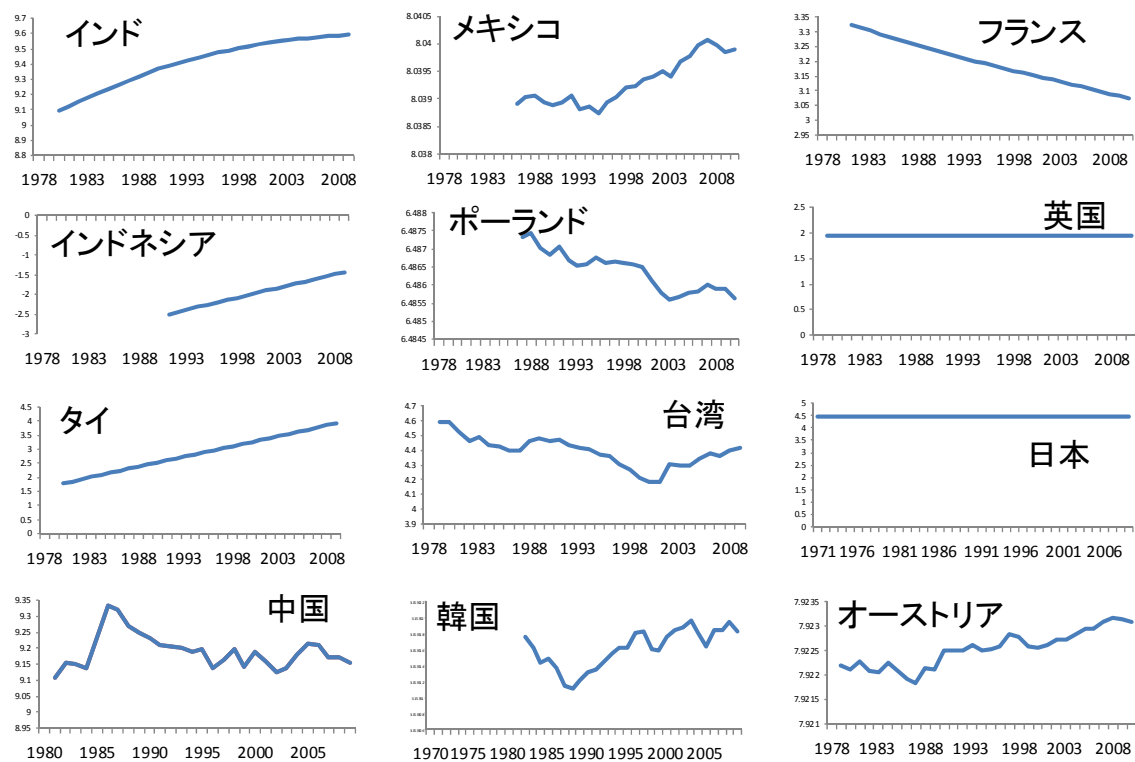
付表 8-1 推定結果の詳細

	タイ	インドネシア	インド	中国	メキシコ	ポーランド	台湾	韓国	フランス	日本	英国	オーストリア
推定パラメータ												
X_t 平均	0.242	0.355	0.048	0.214	0.037	0.096	0.415	0.670	0.248	0.561	0.321	0.063
最大	0.257	0.361	0.053	0.302	0.056	0.104	0.415	0.689	0.253	0.574	0.335	0.076
最小	0.231	0.350	0.044	0.099	0.024	0.091	0.415	0.645	0.242	0.550	0.311	0.049
最大更新価格	-0.264 一期前	-0.230	-0.281 一期前			-0.028 一期前						-1.022
最大除く上昇期価格						-0.331 一期前						
上昇期価格				-0.612	-0.164		-0.291 一期前	-0.417 一期前	-0.173 一期前	-0.157 一期前	-0.343 一期前	
下降期価格	-0.216 一期前		-0.457 一期前	-0.101 一期前					-0.083 一期前	-0.092 一期前	-0.128	-0.179
Hyperparameters												
Irregular $\sigma^2_\varepsilon \times 10^4$	0.594	3.66	0.048	4.588	0.000	0.000	0.000	0.000	0.481	2.076	0.000	4.498
Level $\sigma^2_\alpha \times 10^4$	0.219	0.258	0.046	57.475	0.101	0.157	18.732	0.02	0.048	0.00	0.0	0.118
Slope $\sigma^2_\beta \times 10^4$	0.000	0.114	0.250									
Equation Residuals												
Standard Error (%)	1.13%	2.47%	0.78%	7.42%	0.44%	1.06%	4.04%	3.78%	0.98%	1.51%	0.23%	2.29%
Normality	3.457	1.738	1.361	1.453	1.179	0.063	5.764	3.547	1.540	1.386	1.157	3.918
Kurtosis	-0.747	-0.004	-0.122	-0.657	-0.440	-0.820	1.432	0.074	0.117	0.083	-1.045	0.619
Skewness	-0.540	0.596	0.485	0.433	-0.464	-0.034	1.064	-0.805	-0.311	-0.381	0.076	0.838
H	1.190 H(8)	0.188 H(5)	0.702 H(8)	1.13 H(7)	1.38 H(7)	0.70 H(6)	2.52 H(9)	2.11 H(7)	0.856 H(8)	0.646 H(11)	2.38 H(8)	0.17 H(9)
r(1)	-0.064	-0.279	-0.092	-0.111	-0.180	0.100	0.179	0.123	0.028	-0.017	-0.084	-0.190
r(6)	0.070	-0.184	-0.228	0.201	-0.021	-0.384	-0.121	-0.098	-0.347	-0.024	0.200	0.017
D.W.	2.080	2.503	2.022	2.020	2.224	1.383	1.627	1.597	1.855	1.962	2.095	1.967
Q	Q(6.5)= 2.57	Q(5.4)= 4.21	Q(6.4)= 0.31	Q(5.4)= 3.45	Q(5.4)= 2.71	Q(5.4)= 5.78	Q(5.4)= 2.80	Q(5.4)= 2.51	Q(5.3)= 5.02	Q(5.4)= 1.50	Q(5.4)= 2.76	Q(5.4)= 3.40
R ² s	0.995	0.980	0.987	0.981	1.000	0.998	0.871	0.989	0.979	0.983	1.000	0.991
Auxiliary residuals												
Irregular												
Normality	0.665	0.048	0.368	0.127	1.100	2.339	0.423	0.687	0.482	0.897	1.306	0.543
Kurtosis	-0.729	0.096	-0.457	-0.010	0.046	-0.266	0.554	-0.592	0.513	-0.346	-0.974	-0.532
Skewness	-0.007	0.114	-0.147	-0.165	-0.513	0.753	0.090	0.244	-0.175	-0.329	-0.088	0.176
Level												
Normality	1.882	3.436	1.753	1.211	0.800	0.517	7.325	1.904	2.208	2.364	1.807	1.162
Kurtosis	-0.906	0.570	-0.097	-0.437	-0.442	0.004	1.574	-0.559	-1.352	0.530	-1.075	-0.224
Skewness	-0.378	1.031	0.600	0.450	-0.378	-0.360	0.920	-0.587	0.126	-0.550	0.224	0.461
Slope												
Normality	0.603	1.097	0.835							2.5615		
Kurtosis	-0.670	-0.876	-0.837							-1.183		
Skewness	0.111	0.442	-0.063							0.256		
推定期間	1980-2009	1991-2009	1979-2009	1981-2009	1986-2010	1987-2010	1979-2009	1982-2009	1981-2010	1971-2009	1979-2010	1979-2010

注) Hyperparameter は、(5-1)、(5-2)、(5-3) 式の誤差分散を示している。誤差分散がゼロの場合には、確率変動しないことを意味する。Normality は Bowman-Shenton の正規性検定量で $X^2(2)$ 分布に従う。Kurtosis、Skewness はそれぞれ誤差分布の(歪度)、(尖度)を示す。Kurtosis がプラスならば正規分布より中央で尖り両端が長い裾野を持つ。マイナスならば正規分布より平坦。Skewness がゼロなら左右対称。プラスなら左に、マイナスなら右に歪む。H 統計量は分散不均一の検定量。帰無仮説は、最初の h 年と最後の h 年の分散が同一(分散均一)。自由度(h, h)の F 分布に従う。表中では、概ね 1.9 前後で棄却される。r(1)、r(6)は、それぞれ 1 期、6 期ラグ同士の系列相関係数を示す。DW ダービン・ワトソン比を示す。Q(a, b)は、Box-Ljung の Q 値で、最初の a 期についての誤差項の系列相関を示し、 $X^2(b)$ 分布に従う。R²s は、自由度修正済み決定係数を示す。



付図 8-2 窯業土石産業のエネルギー消費原単位の変化要因分解
 —プラス方向は原単位の悪化を、マイナス方向は原単位の改善を意味する—



付図 8-3 窯業土石産業のエネルギー需要トレンド

第9章 途上国のエネルギー価格制度改革¹

内容

- 1 はじめに
 - 2 先進国の経験
 - 2.1 日本
 - 2.2 韓国
 - 3 途上国の動向
 - 3.1 タイ
 - 3.2 インドネシア
 - 3.3 中国
 - 3.4 インド
 - 3.5 台湾
 - 4 途上国のエネルギー価格制度改革の課題
 5. まとめと考察
- 参考文献

1 はじめに

前章までの実証分析から、エネルギー需要の価格弾力性の大きさは、途上国が先進国よりも特に低いという結果は得られず、途上国においても、エネルギー価格の上昇による、需要の抑制効果が期待できることを確認した。

途上国のエネルギー価格が安価に抑えられている中で、国際エネルギー価格が高騰していることから、途上国では、エネルギー需要増加の抑制、燃料補助金のための財政負担の軽減が大きな課題となっている。

しかしながら、多くの途上国では、所得格差が大きく、国内に様々な政治的困難を抱えていることから、エネルギー価格制度改革の実現は容易ではない。この章では、アジアの途上国における現状を整理し、日本や韓国の経験も踏まえつつ、エネルギー価格制度改革

¹ 本章の内容は、星野 [2015] で報告した。

のための示唆を得る。

2 先進国の経験

2.1 日本

まず、日本の戦後の国内エネルギー価格制度改革について振り返ってみたい。1967年の「総合エネルギー調査会答申（抄）」では、日本のエネルギー政策の目標として、「低廉安定供給の確保」を掲げ、さらに、a) 一時的に安いのではなく、長期的にみて安いこと、b) 国際水準からみて高くないこと、c) エネルギー生産コストからみて適正な価格であること、また価格体系が適正であること、d) 各種エネルギーを総合し、全体として安いこと、e) 内外の需給動向等によってあまり変動しないこと、を挙げており、これがエネルギー価格自由化を目指す上での基盤となる考え方であったことがうかがえる。

しかしながら、戦後の復興期、高度経済成長期、石油ショック、貿易自由化、円高、といった様々な経済構造の変化の過程では、エネルギー価格政策においても様々な試行錯誤が続いた。例えば、通商産業省の1954年の資料（通商産業政策史17巻P374）は、産業用エネルギー需要において、急速に石油（重油）依存度が高まりつつあることに触れ、石油への過度な依存は、その供給量が国際情勢に左右される可能性があり危険であるとして、石炭価格の抑制と石炭需要の喚起による重油消費の抑制政策を提案している。しかし、その後、石炭産業の合理化によるコスト低下の目標は達成できず、エネルギーの主役は石炭から石油へと交代した。

戦後の石油製品輸入は、外貨割り当てによってコントロールされてきたが、1962年に軽油と重油を除くLPガス、ガソリン、灯油などの石油製品の輸入が自由化された。同時に、石油製品の国内供給の安定化を図るために石油業法が制定され、供給計画の策定や石油精製業の許可・届出等に関する規制が定められた。輸入自由化によって石油各社の過当競争が激化したため、その防止のために1962年に、標準額（第一次標準価格）が初めて定めら

表9-1 日本のエネルギー価格制度改革の年表

年	事象
1962	原油、LPガス、ガソリン、灯油の輸入自由化
1962	石油業法による規制。第一次標準価格の設定
1973	石油需給適正化法、国民生活安定緊急措置法
1975-76	第二次標準価格の設定
1986	特石法(特定石油製品輸入暫定措置法):貯油、品質調整、輸入量変動対応が可能な業者に輸入業者を限定
1996	特石法の廃止
2001	石油業法の廃止

出所: IISD(2012b), IEEJ(2011), IEA, World Energy Outlook2013より作成

れた（ガソリンが10,130円/kl、C重油が6,800円/klで、1966年まで続いた）。このように、日本のこの時期のエネルギー価格政策は、国内エネルギー産業の育成、秩序の維持にも大きな力点が置かれた。

しかし1973年秋の第一次石油危機を契機に、状況は一変した。直後に閣議決定された「石油緊急対策要綱」の内容には、石油・電力消費の10%節減、便乗値上げの取締りなどが含まれている。特に産業部門の大口需要家の消費抑制に重点がおかれた。また、資源エネルギー庁は、「家庭用灯油の安定供給を図るための緊急対策について」という通達で、家庭用の灯油の小売価格（中味価格）を（380円/18ℓ缶（店頭））に抑制するよう行政指導を行った。

さらに物価の暴騰を抑えるために、政府は一時、石油製品元売り価格を1973年末の水準で凍結する行政指導を行った。この措置は1974年8月で解除されたが、その後の需要低迷下で石油各社は自力での逆ザヤの解消が難しかったため、石油業法による標準額が再び設定された（第2次標準額：1kl当たりガソリンが53,700円、ナフサが29,700円など）。その後1976年5月に本標準額は撤廃された。

しかし、石油業法で石油会社に義務付けられた石油供給計画の提出を通じて、原油処理枠、ガソリン生産枠、重油の輸入枠の設定、ガソリン、中間留分の輸入禁止といった量的なコントロールは続けられた。これによって、第2次標準額が撤廃された後も、ガソリンの独歩高、およびその他の石油製品の相対的な安価傾向を特徴とする価格体系は長期にわたって維持され続けた。

その後、1985年のプラザ合意以降の円高を背景とした石油製品の輸入急増に備えて、国内の石油製品の安定供給を維持する目的で、貯油・品質調整・輸入量変動への対応能力を持つ業者にのみ輸入を許可する「特定石油製品輸入暫定措置法（特石法）」が1986年に施行された。

しかし、石油危機以降の日本では、脱石油の流れは止まらず、石油産業は大幅な構造改革を迫られ、石油産業に対する規制緩和が求められるようになった。1996年に特石法が、2001年12月末に石油業法が廃止されたことで、石油産業の自由化は完了した。1996年の特石法の廃止によって、ガソリンを中心とする製品輸入が増加し、ガソリン独歩高をもたらしてきた第2次標準額設定以降の価格体系の維持は困難になり、市場動向を反映した価格体系へと移行していくことになった。

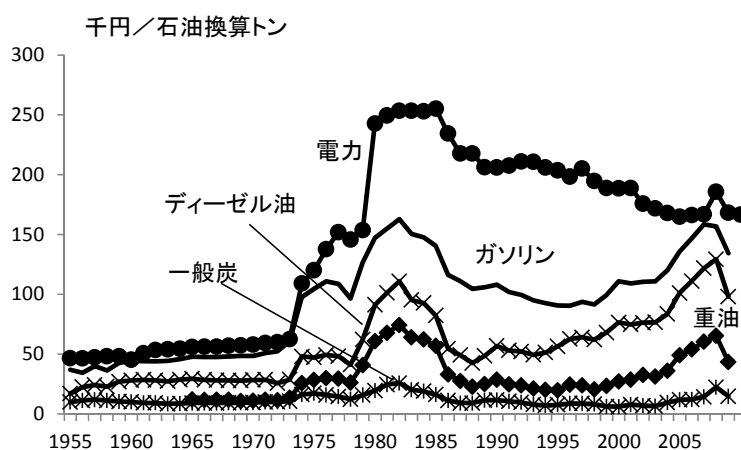
以上の日本の経験からどのような示唆が得られるであろうか。石油危機以前とはいえ、戦後復興期の厳しい外貨制約の下にあった日本にとって、石油は高価なエネルギーであった。国内炭も決して安いエネルギーではなかった。エネルギーの節約は、高度経済成長期の最初から、日本の産業にとって大前提であった。従って、石油危機時に突然に対応したのではなく、省エネに対する準備は既にできていたと考えるべきであろう。この点において、現在、エネルギー補助金の削減に悩む途上国の中には、現在、あるいはかつて産油・産ガス国であった国も少なくない。輸入原油価格の高騰に直面したとき、省資源国である

日本で可能であった対応が、これら途上国でも同様に実現可能であるとするのは早計であろう。

一方で、政府による直接的な価格への介入は、最小限かつ、短期間に限られたことは参考になる。石油危機直後には、日本においても国民生活安定緊急措置法によって、石油製品価格の凍結といった強硬措置がとられた。しかし、2年ほどで正常化し長く続くことはなかった。また、日本では消費者に対する直接の補助金制度がなかったことも、価格の自由化を容易にした点である。特に貧富の格差が大きな途上国では、消費者補助金の削減は、即、政治問題に発展する傾向にある。民主化を進めた成熟した国家になることが、エネルギー価格制度改革の成功の試金石かもしれない。

ただし、日本においても、目に見える価格介入はなくても、生産、輸入量に関する様々な行政指導を通じた、目に見えない介入は長く続いた（小島 [2000]）。その結果、先に述べたように、ガソリンの独歩高とその他石油製品の相対的な安値という価格構造は1990年代半ばまで維持された。このような製品間の価格の歪みが、相対的に安価となった非輸送部門における石油製品消費を増加させた可能性はある。

図9-1は、日本の産業用エネルギー価格の推移を見たものである。第2次石油危機後の国際原油価格の安定と円高の影響から、1990年代のエネルギー価格は安定していたものの、2000年以降は、電力以外で、国際燃料価格の高騰の影響を受け上昇している。



データ出所：EDMC

図9-1 日本のエネルギー価格（産業用）

2.2 韓国

韓国では、石油製品に関しては価格自由化が完了しているものの、石炭、天然ガス、電力に関しては、消費者保護に加え、産業保護の観点による規制が残されている。本項では、IEEJ [2011]、IEA [2012] を参考にエネルギー源別の自由化動向を整理していきたい。

UNEP [2003] によると、韓国政府は、1983年以降、石油製品価格の自由化を開始し、1997年にLPGを除いて完全自由化を達成した。今日では、石油製品に関する直接的補助金がない

表 9-2 韓国のエネルギー価格制度改革の年表

年	事象
1985	ジェット燃料、ソルベントの自由化
1986	アスファルトの自由化
1989	ナフサ販売自由化
1990	電力向け重油販売自由化
1994	製品価格の原油価格連動制の実施
1995	石油事業法の改正(GSの距離規制撤廃)
1997	石油販売業を許可制から届出制へ
1997	ガソリン、灯油、軽油、重油の国内価格及び製品輸出入自由化、シンガポール指標価格MOPSとの連動開始
1998	石油会社と小売業者間の直接取引許可
1998	SS事業への外資参入許可
1998	石油精製業を免許制から登録制へ。外資規制撤廃
2008～	原油関税引き下げ(3%から1%)、備蓄義務付け、登録資格要件緩和、水平取引緩和

出所：IEEJ(2011)、IEA(2012)より作成

反面、税収確保の目的で多くの課税がなされている。1996年には、輸送用燃料以外を対象に、それまで石油最終製品に課せられていた固定税率による税に代えて、従価税である付加価値税が課された。多くの国と同様に、税率はガソリンが最も高く、貨物やタクシーに用いられている軽油、LPGは相対的に優遇されている。

表9-2 に沿って石油製品価格の自由化の経緯をみてみたい。1983年以降、製品別に徐々に自由化が進んでいたが、石油製品価格の全面自由化に備えるために、1994年に製品価格の原油価格連動制が導入された。1997年のアジア通貨危機を契機に、韓国は大規模な経済構造改革を行った。ガソリン、灯油、軽油、重油については、1997年に、国内価格と製品の輸出入の自由化が行われ、シンガポールのスポット市場の指標価格MOPS² (Mean of Platt's Singapore) に連動するようになった。当初は月単位の連動であったが、2007年以降、日単位で連動するようになった。

さらに、2008年の原油価格高騰以降、原油輸入関税の引き下げ(3%から1%)、備蓄義務、登録資格要件の緩和、水平取引の解禁などが行われた。しかし、IEA [2012] は、自由化されている石油製品価格に関しても、市場価格の決まり方の不透明性を指摘している。2007年第4四半期から2009年の第1四半期にかけて、韓国政府は、国際価格高騰に合わせて、ガソリン、軽油の税率を下げることで税込み価格の急騰を抑えて調整した。また、国内の4

²石油価格情報会社プラッツ(Platt's)が発表するシンガポール市場での石油製品価格の平均値。

つの石油精製企業は、価格高騰時に「自主的に」小売価格を引き下げて価格高騰を吸収した可能性があるとして、これも市場の不透明性の一因になっていると指摘されている。

韓国の天然ガス輸入、国内供給は、KOGAS (Korea Gas Corporation) が一手に担っている。産業用のガスの顧客からの費用回収は、3割相当であるのに対し、それ以外の顧客からの費用回収は8割で、業務用や家庭用では100%を超えている。こうしたことを受け、UNEP [2003] は、産業部門以外から産業部門への内部相互補助の存在を指摘している。

電力価格は、総括原価方式で、コストに一定の補助を加えた料金が認められているものの、コストに含まれない省エネ促進などの公共サービスに関するコストがかさんでおり、電力会社は全てのコストを回収できない状況が続いている。こうした公共サービス関連の費用は年間で5~6.7 億ドルに上り、政府が補てんしている(UNEP [2003])。

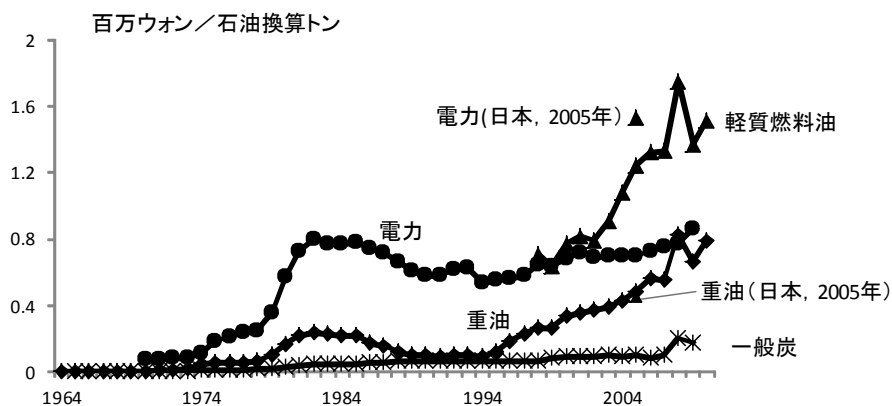
燃料価格の高騰や電源開発費の増大を反映し、電気料金は2013年1月までに合計8回、値上げされた。しかし、いずれも政府の介入によって値上げ幅が小幅に抑えられており、2008年以降、KEPCO (Korean Electric Power Cooperation) は赤字計上を強いられている。このため政府は、燃料価格高騰や為替変動によるコスト上昇を小売料金に反映すべく、燃料費調整制度の導入を予定している。

顧客間での相互補助も電力部門の抱える問題の一つである。IEA [2012] によれば、料金によるコスト回収比率は、2010年で90.2%であったものの、部門間での相互補助が大きく、部門間のコスト負担の公平性が問題である。業務用の顧客や学校は、平均して供給コスト以上の費用を負担している。一方で、産業用の顧客は費用の96%、農林水産業では48%の負担にとどまっている。適正な価格付けがないままでは、電源投資へのインセンティブが不足することが懸念される。

都市ガス価格は、コストを積み上げて算出されているが、変動幅は3%以内に抑えられており、自治体の認可が必要である。IEA [2012] によれば、都市ガスの原料となるLNG価格は、原油価格リンクであるため、原油価格高騰による影響を緩和するため、政府による価格介入も行われている。

図9-2は、韓国の産業用エネルギー価格の推移を見たものである。同図は熱量当たりで示していることから、異なるエネルギー間で価格水準を比較することが可能である。産業部門において、2000年以降、石油製品価格は上昇を続けているのに対し、電力価格は、低く抑えられていることを確認することができる。日本の2005年時点の価格と比較すると、重油価格はほぼ同水準であるのに対し、電力価格は低い水準にとどまっている。

なお、第2章の補論で述べたように、エネルギー価格水準の国際比較には一定の留意が必要である。国際取引が活発に行われている石油製品価格の国際間比較は、比較的問題が少ない一方で、電力価格は、国内価格の影響を受けやすい。これ以降、各国のエネルギー価格の図に、2005年時点での日本の電力、重油価格を図示しているが、特に経済発展段階の大きく異なる途上国との間での市場為替レート換算の電力価格の水準の比較は参考値としてとどめるべきであろう。



データ出所：IEA, EDMC (日本)

図 9-2 韓国のエネルギー価格（産業用）

3 途上国の動向

3.1 タイ

以下では、IISD (International Institution for Sustainable Development) [2013] を中心にタイのエネルギー価格制度改革について整理したい。タイにおける消費サイドへのエネルギー補助金の対象は、LPG、NGV（自動車用の天然ガス）、軽油、電力およびバイオ燃料（エタノール混合ガソリン）の5種である。LPGとNGVは、生産コストよりも安価な価格で販売されている。軽油は上限価格を設定し税の減免で調整している。電力価格は発電コスト以下で、貧困家庭に半額あるいは無料で供給されている。IISDが2011、2012年の資料から推計した補助金の総額は、LPGで573億バーツ、NGVで128億バーツ、軽油で108億バーツ、電力で166億バーツなど合計1,950億バーツで、GDPの約2%弱に相当する。

タイでは、1970年代、エネルギー資源の約9割を輸入に頼っていたため、石油危機は経

表 9-3 タイのエネルギー価格制度改革の年表

年	事象
1979	石油基金(Oil Fund)
1979-80	石油製品価格固定
1991	イラク戦争後の価格急落を契機に自由化開始。しかしその後も価格介入は続く
2002	天然ガス車の導入
2008	貧困層への電気代無償化

出所：IISD(2013)より作成

済に大きな打撃を与えた。そこで輸入燃料価格の変動による国内経済への影響を緩和するために、1979年に、石油基金（Oil fund）が創設された。これは石油製品からの税収を基金として、価格高騰時の消費者補助金に活用するというものである。この石油基金を用いて1979年から1990年まで、石油製品の小売価格は固定価格が維持された。その後政府は、1991年のイラク戦争後の原油価格下落を契機に、石油製品価格の自由化に踏み切った。

その主な内容は、国内石油市場への競争導入、製品輸入の自由化、石油精製設備増強の承認、国際市場との価格連動性の向上、国内石油製品価格体系の整備、国内SSに対する規制緩和などである。しかしながら、この自由化によっても、完全に補助金を撤廃することにはつながらず、その後も政府は石油基金を用いてたびたび市場に介入した。特に、価格急騰時の消費者保護、政治・経済上の重要部門の優遇、国内エネルギー資源の優遇、省エネ奨励などに、石油基金が用いられた。

エネルギー補助金、及び課税水準は、CEPA（Committee on Energy Policy Administration）が決定しており、国際市場動向などを考慮して毎週見直されている。国際価格の急騰時に、税の減免だけでは調整できない場合には、課税から補助金（マイナスの課税）に転換するなど、課税・補助金水準は年次ごとに大きく変動している。

石油基金は、理論的には中立なものであるが、2000年以降に起こっているのは、石油価格の変動（スパイク）ではなく、底値の恒常的な上昇であるため、石油基金だけでは対応できず、政府からの資金が注入されている状況である。

市場価格と極端に異なる価格を維持することから生じる、補助金制度の歪みも指摘されている。家庭の調理用燃料として補助を受けているはずのLPGが、産業用として使用されていたり、輸出されたりするケースが報告されている。また、石油価格高騰による補助金財政の負担も増していることから、政府は、家庭用のLPG価格引き上げを検討している。

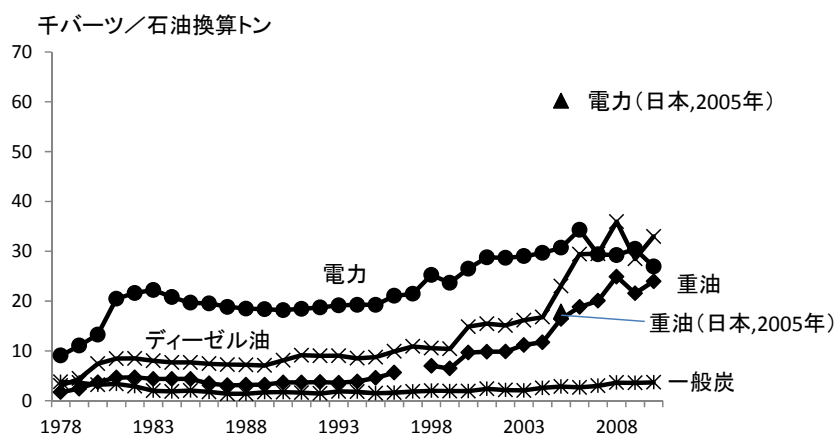
2008年以降据え置かれていたLPG価格については、2011年に産業用、自動車用の価格をkgあたり18.13パーツから30.13パーツへと大幅に引き上げる決定をした。これによって打撃を受ける弱者救済策が課題となっている。天然ガス車が導入された2002年時点では、天然ガスは自給できており、石油輸入の軽減策として奨励されたが、その後の需要急増で、天然ガスの自給率は25%に低下した。NGV(Natural Gas for Vehicle)価格の引き上げが検討されているもののなかなか実現していない。軽油については、税の減免措置という形の消費者保護が続いており、税・補助金込で1ℓあたり30パーツの価格が維持されている。

電気料金は、2008年に緊急的措置として貧困層に対しては無料化されたが、2011年にこれが恒久化された。電気料金のうち燃料費部分に関して、自動的にその変動をカバーできる制度にはなっておらず、認可が必要になるため、燃料費上昇分を完全には価格に転嫁できていない。褐炭などの燃料コストを完全に把握することは困難であるため、電力の消費者補助金を正確に推計することは難しいが、IEAによれば2011年の同補助金総額は57.6億

ドル（1,730 億パーツ）と推計されている³

電力への補助金は、貧困層に対象を限定しているのに対し、LPG、NGV、軽油への補助金は使用量に応じて変化せず一律である。貧困層がこの補助金の恩恵をうけていることは確かであるが、より多く使うほど多くの恩恵を受けることになるため、効率性、公平性の点で課題がある。安価な燃料価格は、国内需要の増加から、輸入増加をもたらす。かつては自給可能であった LPG も純輸入に転じた。また、国内価格が低く抑えられていることから、エネルギー供給部門への投資インセンティブ低下も課題となっている。

図 9-3 は、タイの産業用エネルギー価格の推移をみたものである。石油製品価格は 2000 年代に入って、上昇傾向にあり、産業用の重油価格は、2005 年時点で日本とほぼ同水準にあることがわかる。



データ出所：IEA, EDMC（日本）

図 9-3 タイのエネルギー価格（産業用）

3.2 インドネシア

以下では、IISD [2012a]、Mourougane [2010] を中心にインドネシアのエネルギー価格制度改革について整理する。インドネシアでは、1967 年に燃料価格への補助金支出が始まったが、1980 年代にかけては、国内の石油産出量は十分であったため、燃料補助金制度は財政上も持続可能な範囲にあった。しかし、石油の純輸入国となって以降、国際燃料価格の高騰による財政負担が急増している。2012 年の燃料への補助金額は 137 兆ルピー、電力への補助金額は 65 兆ルピーで、財政支出に占める割合は 19% に達した。以下、燃料種別に動

³ これは、先に挙げた IISD による電力部門での補助金総額の推計値 166 億パーツの 10 倍以上である。この差は、課税・補助金を含まないリファレンス価格の推計の難しさがある。

向を整理する。

ガソリン、軽油では、民間・外資企業のハイスペックのガソリンが2012年で1ℓあたり9,200~9,550ルピーで市場価格に応じて変動するのに対し、国営石油会社の供給するブランド品は2009年以降4,500ルピーに固定されている。灯油は主に家庭の調理、照明用に使われており、価格は市場価格以下に設定されている。

灯油への補助金負担が大きいため、2007年以降、政府は灯油からLPGへの転換を促進している。LPGタンクと調理器具を無料で配布し、燃料となるLPG価格は補助金分(0.32ド

表9-4 インドネシアのエネルギー価格制度改革の年表

年	事象
1967	燃料価格への補助開始
2000	国家開発プログラム:2004年までに石油補助金廃止を宣言
2002	石油製品価格の国際価格連動を認める
2003	国内価格の国際価格への即時連動を認めたが、国内の猛反対にあい断念。
2004	石油純輸入国に転落。OPECを一時脱退
2005	軽油価格を2倍、灯油価格を3倍に引き上げ、低所得者層への現金給付システムを導入(1900万世帯に毎月10ドル)
2008	大規模産業用の電力補助金を廃止。自家用車用燃料補助金を2014年に廃止すると発表
2008	ガソリン、軽油価格を30%、LPG価格を23%引き上げ。現金給付に加え、食品、教育、小規模事業者への資金援助
2008	国際価格の下落に合わせて石油製品価格を引き下げ
2010	原油価格が80ドル/バレルを超えて10%以上、上昇した場合、国内価格への転嫁を許可
2011	電気料金の15%引き上げを計画したが延期

出所: IISD(2012a), Mourougane(2010)より作成

ル/kg)だけ安価に供給されている。電気料金は、産業用も含め全ての部門の料金を政府が決定している。石炭については、国内炭の生産者保護、産業・発電用の量の確保、国内価格の安定を図るよう、指標価格(Indonesian Coal Price Reference)を設定しており、価格は、海外炭よりも安価である。

こうしたエネルギー補助金もたらす弊害は大きい。エネルギーの浪費、エネルギー産業の投資や技術開発インセンティブの減退に加え、エネルギー産業の公正な競争を妨げたり、汚職の温床になることも懸念される。また、政府の財政には大きな負担になっており、分配上の不平等も大きい。2008年時点のCoordinating Ministry of Economic Affairsの調査では、所得分布の上位40%が、エネルギー補助金の70%を受け取り、下位40%は補助金の15%しか受け取っていない。

さらに電力に対する補助金では、所得上位層10%が補助金の44%を受け取っている。2000年に、NDP(National Development Programme)国家開発プログラムは、2004年までに石油補助

金廃止を目指したが、石油価格高騰、貧困層拡大で実現は困難になった。その後も、エネルギー価格の引き上げ（補助金削減）に対する国民の反発は根強く、改革の延期、休止を繰り返している。このため改革の影響を受ける貧困層への救済策として、現金給付に加え、教育費や食糧品の援助、小規模事業者への融資など様々なものが試みられている。

政府は G20 の場で、2011-2014 年間に毎年 10~15% のエネルギー補助金削減を宣言した。2013 年には、ガソリン価格を 44%、軽油価格を 22% 引き上げた。これは 2009 年以来となる価格引き上げである。一方、電力補助金については、具体的な計画は依然として示されていない。

図 9-4 は、インドネシアの産業用エネルギー価格の推移をみたものである。2000 年代以降、石油製品価格の国際価格への連動が徐々にではあるが始まっていることを確認できる。2005 年時点での日本の価格と比較すると、重油価格の格差は 1.5 倍である。

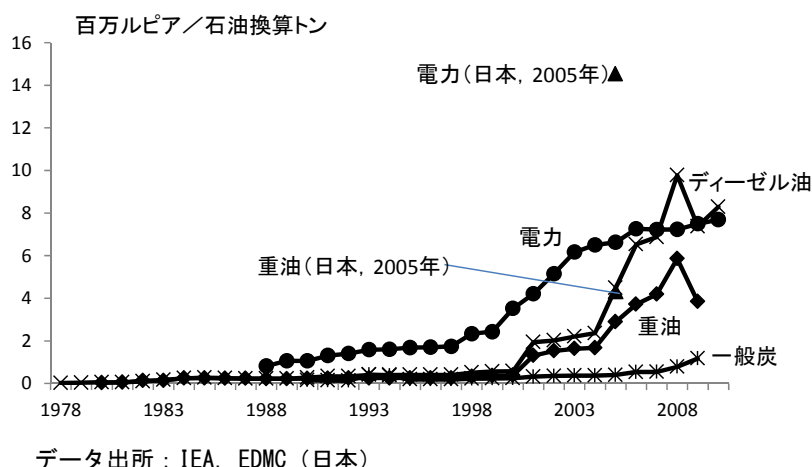


図 9-4 インドネシアのエネルギー価格（産業用）

3.3 中国⁴

以下では、Hang and Tu [2007]、IEEJ(The Institute of Energy Economics Japan : 日本エネルギー経済研究所) [2011] を参考に中国のエネルギー価格制度改革について整理する。中国におけるエネルギー価格制度改革を概観すると、石炭価格は自由化が完了し、石油価格の自由化は漸次進んでいる。電力、天然ガス価格の自由化は、その途上にあるが、エネルギー補助金支出の規模は依然として大きい。Lin and Jiang [2011] の推計によれば、2007 年時点でのエネルギー補助金額は、石炭 532 億元、ガソリン 773 億元、軽油（自動車用含む）946 億

⁴ 本節は、星野 [2011] を基に作成した。

元、燃料油 172 億元、天然ガス 381 億元、電力 764 億元、合計は 3,567 億元で GDP の 1.43% を占めると推計されている。

Hang 他 [2007] の整理によれば、中国のエネルギー価格制度の改革は、1980 年代に開始されて以降、漸次進められている。なかでも石炭価格は比較的早く自由化が進んだ。1967 年時点では、石炭は生産コストの約半値で供給されていたが、1996 年に完全自由化された。石油製品については、1981 年までは価格統制下にあったが、翌年から割り当て生産量超過分は市場価格で取引できる二重価格制度が導入された。1985 年には、石油の上流、下流各部門での価格転嫁を認めた。この時、電気料金についてもコスト上昇分の価格転嫁を認めた。その結果、インフレの激化を招くこととなり、1994 年に石油製品価格は再び価格統制に戻った。

1998 年に石油製品について基準価格制度が導入された。基準価格は、国際石油市場の製品価格を参考に、国家発展改革委員会によって、定期的に見直される（竹原 [2007]）。2001 年からは、中国国家発展委員会によって、標準小売価格が設定されるようになった。しかし、変動率が 8%以内に抑えられたことや、価格変更には政府判断が入り、自動的な調整ではないため、2007 年後半以降の国際原油価格の急騰に対して、この基準価格の変更が追い

表 9-5 中国のエネルギー価格制度改革の年表

年	事象
1967	石炭は生産コストの変額で供給していたものを市場導入により1996年完全自由化
~1981	石油は価格統制下にあり
1982	石油の二重価格制度(割当生産量超過分は市場価格)
1985	石油の上流下流での価格転嫁を認める。インフレ激化
1985	全国規模の電気料金引き上げ。地方に対しコスト上昇分の価格転嫁を許可
1987	2セント/kWhの電気料金種乳を地方政府による発電所建設に
1991	電気料金を燃料などコストに連動できるように
1993	新設の発電所は、投資回収を考慮した価格設定できるように => 電力部門への投資インセンティブ
1994	石油は価格統制に戻る
1998	石油製品に基準価格制度を導入し、国際価格と連動性重視
2001	中国国家発展委員会が標準小売価格(変動率8%以内)を設定
2009	中国国務院「石油製品価格と税制の改革に関する勸告」: 車体ごとの養路费を廃止し燃料消費税を引き上げる
2009	石油製品価格の市場連動性を高める新価格制度導入
2013	さらに要件を緩める

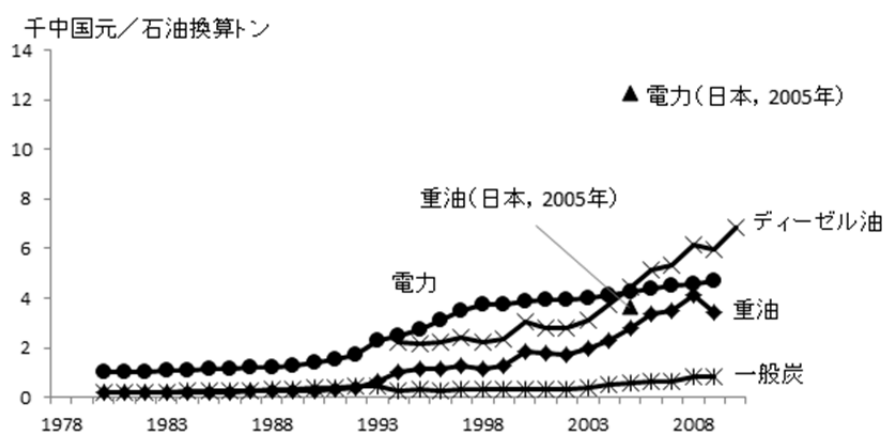
出所: Hang and Tu(2007), IEEJ(2011)より作成

つかず、国内の石油製品価格と原油価格との逆転現象による問題が深刻化した。国際水準を下回る小売価格によって発生する、国内の石油企業の逆ザヤは財政支出で補てんされてきた。

2008年秋以降の国際原油価格の急落は、この乖離幅を是正する好機となった。まず、2009年に新しい価格制度が導入された。原油バスケット価格の平均価格変化が4%を上回る日数が営業日連続22日間⁵を超えた場合、国内石油製品価格が調整される。その際に、原油価格が1バレル80ドルを下回る場合には、通常の精製マージンを転嫁できるが、80ドルを上回ると、転嫁できる精製マージンが圧縮されるという仕組みである。また、中国国務院は、2008年12月18日に「石油製品価格と税制の改革に関する通知」を公布した。それによると、2009年1月1日から道路整備費として車体ごとに課税される養路費を廃止し、代わりに、現行のガソリンにかかる消費税をそれまでより0.8元高い1ℓあたり1元に、自動車用軽油にかかる消費税を1ℓあたり0.7元高い0.8元に引き上げた。この措置によって、国際石油価格が上昇したときに、走行距離に応じた負担感が増すことから、省エネ効果も期待されている。

中国の天然ガス価格は、依然として政府の統制下にある。竹原 [2009] によれば、2007年時点での国内卸売価格は、欧州や日本の約半分以下に抑えられている。近年、中国国内の天然ガス需要は急増しており、国内の天然ガス生産力を増強するためには、価格自由化による投資インセンティブの向上が不可欠である。このため中国政府は、まず産業用の天然ガス価格の自由化を加速する考えである。

図9-5は、中国の産業部門のエネルギー価格の推移をみたものである。石油製品価格は、



データ出所：IEA, EDMC (日本)

図9-5 中国のエネルギー価格 (産業用)

⁵ 2013年から22日が10日に緩和された。

1990年代前半から、緩やかではあるが、徐々に引き上げられてきたことを確認することができる。2005年時点の日本の産業用価格と比較すると、重油価格の格差は30%程度にとどまる。

3.4 インド

以下では、Hang 他 [2007]、IEEJ [2011] 他を参考にインドのエネルギー価格制度改革について整理する。インドではエネルギー価格制度改革が遅れており、国際エネルギー価格上昇に伴う補助金支出のための財政負担の急増に悩んでいる。その規模は、2010年度のガソリン、軽油、灯油、LPGの合計で170億ドル、GDPの1.07%に相当する。医療、教育への政府支出がそれぞれGDPの1.27、2.98%であることと比較しても大きな負担であることがわかる (IISD [2012b])。

表 9-6 インドのエネルギー価格制度改革の年表

年	事象
1976	APMによる石油価格の統制
2002	石油製品の輸入自由化、ガソリン、軽油、LPG、灯油を除く価格統制の廃止
2002	国営企業に対し、ガソリン、軽油の国際価格との連動性を緩めたものの、良く2003年に凍結
2010	ガソリン価格を自由化
2013	軽油価格の自由化に着手

出所：IISD(2012b), IEEJ(2011), IEA, World Energy Outlook2013より作成

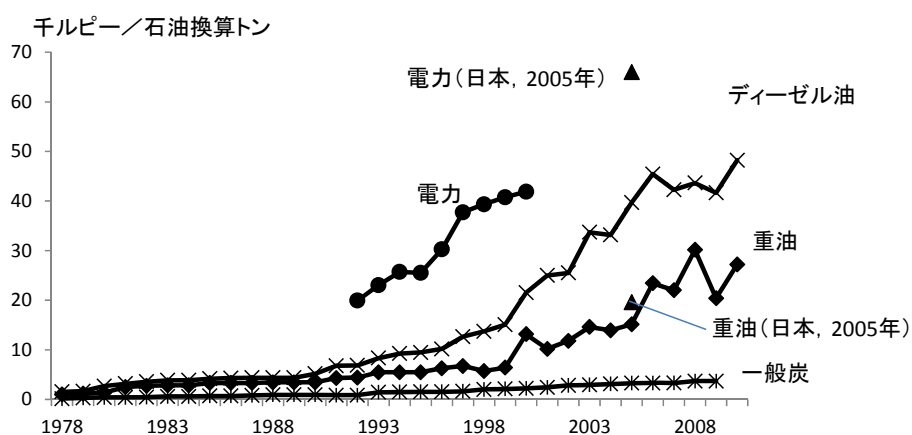
IEEJ [2011] によれば、インドでは、1976年に開始したコストベースの価格決定方式である APM (Administered Pricing Mechanism) という価格制度の下で、石油価格の統制が行われてきた。この制度は、2002年の石油製品輸入の自由化によって廃止され、同年に、ガソリン、軽油については国際価格との連動性を考慮した価格決定方式が導入されたものの、翌年には国際価格上昇によって凍結された。2010年にはガソリン価格が自由化されたのに続き、2013年から軽油の自由化も再び始まった。しかし灯油、LPG 価格は依然として規制されている。

化石燃料については、コストベースの価格と規制価格との差である逆ザヤは、インド政府の補助金で補てんされてきた。これに対し、電力の補助金は、州政府が負担している。インドの主要な電力会社 89 社の 2009-2010 年の財務状況の調査によれば、その総コストのうち電気料金収入で賄えたのは、76%にとどまり、差額は州政府の負担であった。このため、新規電源の建設も進まず慢性的な電力不足が続いている。UNEP [2003] によれば、電力

部門で補助金の恩恵を受けているのは主に農業、家庭部門である。

こうした補助金制度の問題点・弊害としては、財政負担の増大のほか、補助金が入った軽油が改造された使用されている問題や、家庭用のLPGが産業用にも転用されている問題、安価な農業用の電力の浪費などの問題が指摘されている。

図9-6は、インドの産業用エネルギー価格の推移をみたものである。図で示すディーゼル油価格と重油価格は必ずしも連動して動いていないことから、製品間で価格決定方式が異なる可能性が指摘できる。2005年時点での日本の重油価格との開きは約2割強であった。



データ出所：IEA, EDMC（日本）

図9-6 インドのエネルギー価格（産業用）

3.5 台湾

以下では、IEEJ [2011] を参考に、台湾のエネルギー価格制度改革の状況を整理する。台湾では、石油製品市場の安定化を目的に、ガソリン、軽油の値上げ幅を制限する上限価格制度が1993年に導入された。自由化をきっかけに、一旦は2000年に上限価格を廃止したも

表9-7 台湾のエネルギー価格制度改革の年表

年	事象
1993	ガソリン、軽油の値上げ幅を制限する上限価格導入
2000	石油製品市場の導入、上限価格の廃止
2005	石油製品価格への介入再開
2008	Action Plan for Stabilizing Current Prices 政策導入

出所：IEEJ(2011), IEA, World Energy Outlook2013より作成

のの、その後の原油価格の高騰で、再び、2005年に価格介入が再開された。2008年に、Action Plan for Stabilizing Current Prices 政策を導入し、石油製品価格を国際市場における原油価格水準にリンクする方針に転換した。ただし、完全な自由化ではなく、国営石油会社 (CPC) と政府が、その価格上昇分の一部 (40%) を負担している。これにより、CPCの経営、政府の財政は悪化している。

原油価格高騰への対応として、台湾政府は、CPCを通して自動車用燃料価格上昇分の半分を負担している。さらに原油価格が1バレル120-130ドルに達したときは価格上昇分の2/3を負担している。これは大きな財政負担となっており、省エネインセンティブを減じる上に、納税者からドライバーへの所得移転となるなど負担の不公平の問題が多いことに批判がある。その後、2012年4月に、政府は2010年末から16か月間続いていた自動車用燃料への補助を打ち切ることを発表した。

図9-7は、台湾の産業用エネルギー価格の推移をみたものである。石油製品価格は、2000年以降、徐々に上昇を開始している。2005年時点の日本の重油価格と比較すると、約4割程度の開きがある。2000年以降の一般炭価格の上昇が顕著である。

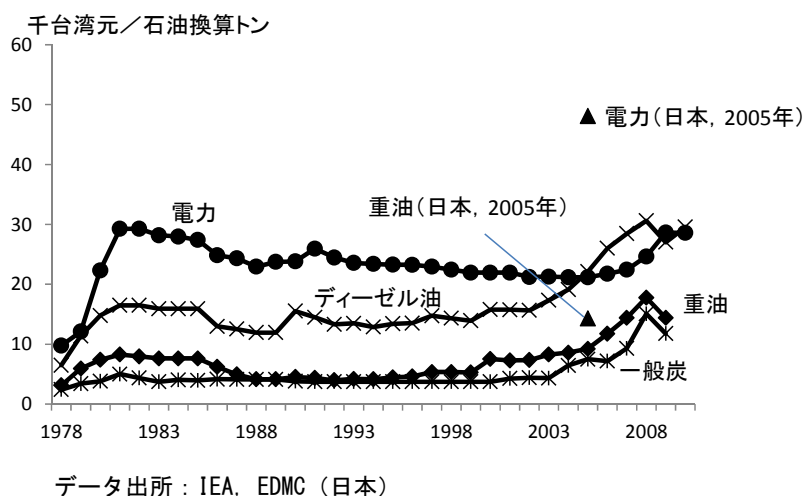


図9-7 台湾のエネルギー価格 (産業用)

4 途上国のエネルギー価格制度改革の課題

以下では、これまで見てきた各国の事例を比較・整理したい。Clements, Coady, Fabrizio, Gupta and Shang [2014] では、各国のエネルギー補助金制度の改革事例を、「成功：補助金の削減が持続的である」、「一部成功：少なくとも1年以上にわたって補助金削減が行われた

ものの、再び補助金支出が行われた、あるいは、引き続き補助金削減が政治的 issue であり続けている」、「失敗：価格上昇や省エネ努力が、補助金改革直後に、後退してしまう」の3つに分けて整理している。

これに、「補助金制度改革が未着手あるいは、極めて初期段階にある」を加え、アジア途上国、日本、中国、韓国、台湾、インドネシア、タイ、インドについて整理する。これらの国のエネルギー源別に、著者の判断により、エネルギー補助金改革の成否を「成功」○、「一部成功」△、失敗「×」、未着手・初期段階「▲」で評価すると、下表のとおりである。なお、資料が得られず不明な場合には、「－」としている。

表9-8から、石油製品に関しては、いずれの国も既に改革に着手していることが確認できる。これに対して、ガスおよび電力の改革は遅れる傾向にあることがわかる。石油製品は、国際市場が最も発達した流動性の高いエネルギー源であると同時に、価格変動幅は非常に大きい。国際価格が急騰している中で低い国内価格を維持し続けることは、財政に大きな負担を強いることが最大の理由である。しかし、日本、韓国を除く、表であげた国のすべてにおいて、石油製品価格に対する政府介入は続いている。特にタイ、インドネシア、インドでは、何度も規制緩和と再開を、一進一退で繰り返している。この背景には、国内の価格引き上げに対する反対世論があるため、補助金制度改革が政治問題化しやすいという事情がある。

表9-8 各国のエネルギー価格制度改革の進捗状況

	石油	石炭	ガス	電力
日本	○	○	○	○
韓国	○	△:石炭産業保護	△:政府介入続く	△:政府介入続く、産業用を優遇
台湾	△:政府介入続く	－	－	－
中国	○/△:政府の裁量余地が残る	○	▲:産業用の規制緩和から着手	－
タイ	△:石油基金で対応できず政府介入続く	－	－	▲
インドネシア	△:規制料金続く。反対世論で一進一退	－	－	▲
インド	△:一進一退繰り返す	－	▲	▲

出所：著者作成

以下の表 9-9 は、インドネシア、南アフリカ、トルコ、チリ、中国で用いられている石油製品価格の決定方式をまとめたものである。このように多くの途上国では、価格を完全に自由化し、国際価格と連動させる前段階として、一定の価格メカニズムを用いることで、急激な価格変動の影響を和らげる試みが行われている。

表 9-9 各国の石油製品価格決定方式の実例

	インドネシア	南アフリカ	トルコ	チリ	中国
方策	事後的価格付け	自動的価格付け	自由化	可変課税方式による価格安定化	指標価格との連動
概要	民生用のガソリン、軽油価格は事後的に決定される。	政府による裁量や介入はなく、毎月、あらかじめ定められた製品ごとの価格メカニズムに従って、決定される。	1998年に自動的な価格メカニズムを導入し、2005年に価格は完全に自由化、石油精製、販売会社も民営化された。	税率可変の課税方式(SIPCO)によって、価格変動を吸収する。中期的には財政中立を保つ。	国家発展委員会(NDRC)が、国際指標原油価格が一定の幅(4%以上)で一定の期間(22営業日から10営業日に変更)変動した場合、国内価格に反映させるメカニズムを使って価格改定する。
ポイント	国際価格とのリンクが無い場合には、国際価格上昇時に、補助金に逆戻りしやすい。	自動的な調整メカニズムは、今までのところ、よく機能する方策と認識されている。	価格自由化は補助金削減には最善の選択肢であるが、細かなフォローが必要である。	可変課税は、価格安定化に用いることが可能。5か月単位での価格平準化は、維持可能な方法である。	メカニズム通りには改訂されず、政府がしばしば介入する。

出所：IISD [2012a, 2013] より作成

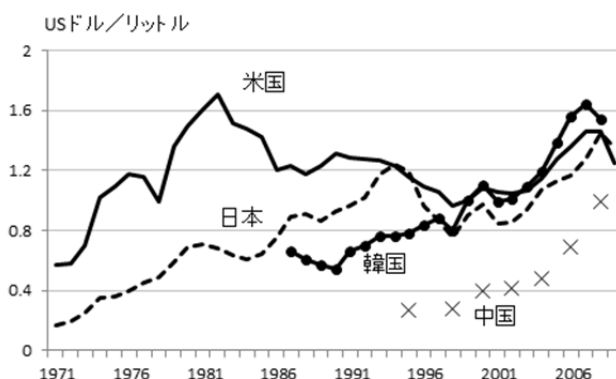
6. まとめと考察

高度経済成長期の日本においては、国内の石炭、石油産業保護の撤廃は、低廉な石油製品、輸入炭の流入による国内価格の低下を促すが、その一方で国内の石炭・石油産業への影響をどのように緩和するか、に大きな論点があった。また、欧州においては、補助金によって、国内の石炭産業を保護し、同時に安価な利用を可能にすることが、それを投入する国内製造業の間接的な保護につながり、欧州域内の国際競争を歪めるのではないかと論点があった(島田 [2004])。これに対して、現在の途上国におけるエネルギー補助金制度改革の議論では、財政に大きな負担となっている手厚い消費者への補助金を、いかに痛みを少なく撤廃し、国内価格の上昇をエネルギー利用効率の向上につなげていくか、が重要な論点である。

本章では、各国別のエネルギー価格制度改革の概要にあわせて、比較的価格データが整

っている産業用のエネルギー価格の推移をみてきた。既に第2章で整理したように、産業用のエネルギー価格、特に石油製品価格については、日本とアジア途上国との間の価格差は収斂傾向にある。これに対して、産業用に比べて価格の自由化が遅れている民生部門では、日本（先進国）とアジア途上国との価格差は産業用ほど狭まっていない。

図9-8は、米国、日本、韓国、中国の国内ガソリン価格を比較したものである。第2章でみてきたように、米国内のガソリン価格は、州ごとに異なるものの国内平均では、税、補助金ともにほぼゼロとみなせることから、ガソリン国際価格のリファレンス価格とみなすことができる。日本、韓国、中国のそれぞれの価格は徐々に上昇を続け、日本が1990年代初頭、韓国が1990年代後半に米国の価格水準に達している。中国の価格も2000年代後半、急速に国際価格との差を縮めていることを確認できる。このように、途上国の民生用のエネルギー価格についても、経済発展とともに長期的には徐々に収斂していくことが期待できる。



出所：EIA/DOE（米国）、EDMC（日本）、IEA（韓国）、World Bank（中国）より作成

図9-8 日本、米国、韓国、中国のガソリン価格の推移

既に多くの途上国で補助金改革の必要性は認識されている。しかし、国際燃料価格が高騰している状況下では、改革の困難さも増しており、各国の補助金支出も急増した。多くの途上国に共通してみられたパターンは、補助金改革に着手したものの、燃料価格高騰によって、その改革を凍結あるいは以前に戻ってしまうというものである。タイのように数年前に改革に着手した国では、現状では依然として市場への介入が続いている。国内価格を国際価格とリンクさせた国の中には、臨時的措置として、価格を据え置き、その後、大変な財政負担を背負っている国もある。また、インドネシアでは、一旦は上昇した国内の石油製品価格を、2008年の国際燃料価格低下に合わせて、再び引き下げている。

こうした中でも、例えば、中国では、2008年の国際燃料価格低下を、国内価格水準引き上げの好機ととらえた。新しく国際市場との連動性を高めた石油製品価格決定方式の導入

や、燃料に掛かる消費税率の引き上げを行っている。このように、国際燃料価格低下時にどのような政策がとられるかは、補助金改革の成否を分ける一つといえる。

今後の途上国の価格制度改革においては、過去の日本や韓国の経験の中にも、参考にできる点がある。日本では、石油危機後に一時的な価格統制が行われたが、それが長く続くことはなかった。また、韓国の価格制度改革は、アジア通貨危機後の経済構造改革と一緒に貫行された。

2000年代以降に起こっている国際燃料価格の高騰は、地政学要因に起因する短期間の価格スパイクではなく、長期的な価格上昇である。このような状況に対処するにあたっては、基金や財政に頼った一時的な価格補てんではなく、省エネなど、より息の長い取り組みがより有効である。それぞれの国情に応じたスケジュールと方法によって、エネルギー価格の適正化を進めていくことで、省エネ型の社会・経済への転換を進めていくことが求められている。その際には、ここで見てきたような、各国の取り組みの状況とその結果を繰り返しレビューしていく作業がその一助となると考える。

最後に、途上国におけるエネルギー価格制度改革を進めるにあたって考慮すべき点について、本分析結果から得られた示唆をまとめると以下のとおりである。

- (1) 消費者補助金などによる、国内のエネルギー価格への直接的な介入は、エネルギー価格高騰時など最小限かつ短期間に限り、国内のエネルギー需給全般の適正化に資する間接的な介入に転換していくことが有効である。
- (2) エネルギー価格の引き上げ（補助金の削減）に合わせて、エネルギーコスト上昇にも耐えうる省エネ技術の導入を促す政策と組み合わせることが有効である。
- (3) ただし、経済発展の初期段階から高度経済成長期にかけては、省エネだけを政策目標とするのではなく、生産拡大に伴う新規設備の導入や企業の集約化などの全般的な生産性の向上を進めることが、結果的に省エネにつながる。
- (4) 国際的なエネルギー価格が低下するタイミングに合わせて、補助金を削減することで、国内への影響を最小限にとどめることができる。
- (5) 途上国各国のエネルギー価格制度改革に関する取り組みの状況とその結果を繰り返しレビューし、政策に反映させる作業を継続することが有効である。

参考文献

小島正稔 [2000], 「石油製品の価格構造と価格形成のメカニズム」『経営研究所論集』第23号, 東洋大学経営研究所, 225-257

JX 日鉱日石エネルギーホームページ, 『石油便覧』、<http://www.jx-group.co.jp/binran/index.html>
(アクセス日: 2014年9月11日)

島田悦子 [2004], 『欧州石炭鉄鋼共同体 EU 統合の原点』, 日本評論社

- 石油連盟 [各年版], 『今日の石油産業』
- 竹原美佳 [2007], 『中国：原油価格高騰後の石油産業に対する行政措置』, JOGMEC
- 竹原美佳 [2009], 『中国の LNG 輸入トレンドをよむ – 日本への影響 –』, 石油・天然ガスレビュー, Vol.43
- 通商産業省 [1994], 『通商産業政策史 17 巻, 資料・索引編』
- 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット EDMC [各年版], エネルギー・経済統計要覧
- 星野優子 [2011], 『途上国における化石燃料補助金の削減を巡る議論の整理』, 電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー, SERC11036
- 星野優子 [2015], 『途上国におけるエネルギー価格制度改革の現状と課題』, 東洋大学大学院紀要 第 51 号, (forthcoming)
- Clements, Beredict, David Coady, Stefania Fabrizio, Sanjeev Gupta, Baoping Shang [2014], Energy Subsidies: How large are they and how can they be reformed?’, *Economics of Energy and Environmental Policy*, IAEE
- GIZ [2013], International Fuel Prices 2012/13, Data Preview
- EIA/DOE, Retail Motor Gasoline and On-Highway Diesel Fuel Prices, 1949-2011
- Hang, Leiming and Meizeng Tu [2007], The Impacts of Energy Prices on Energy Intensity: Evidence From China, *Energy Policy*, Vol.35, 2978-2988
- IEA [各年版 a], Energy Prices and Taxes
- IEA [各年版 b], World Energy Outlook
- IEA [2012], Energy Policy Korea
- IEA, OPEC, OECD, World Bank [2010]. Anakysis of the scope of energy subsidies and suggestions for the G-20 Initiative, IEA, OPEC, OECD, World Bank joint report, 16 June 2010
- IEEJ [2011], 『アジアの石油流通の現状及び価格形成メカニズム調査』
- IISD [2012a], A Citizen’s Guide to Energy Subsidies in Indonesia
- IISD [2012b], A Citizen’s Guide to Energy Subsidies in India
- IISD [2013], A Citizen’s Guide to Energy Subsidies in Thailand
- Lin, Boqiang, Zhijun Jiang [2011], Estimates of Energy Subsidies in China and Impact of Energy Subsidy Reform, *Energy Economics*, Vol.33, 273-283
- Mourougane, Annabelle [2010], Phasing Out Energy Subsidies in Indonesia, *OECD Economic Department Working Paper*, No. 808
- UNEP [2003], Energy Subsidies: Lessons Learned in Assessing their Impact and Designing Policy Reform
- World Bank [各年版], World Development Indicators

第 10 章 本論文のまとめと考察

内容

- 1 はじめに
 - 2 途上国のエネルギー価格制度改革が注目される背景
 - 3 本論文の論点と各章の構成
 - 4 途上国の国内エネルギー価格とエネルギー補助金の動向
 - 5 この論文で明らかにしたこと
 - 5.1 エネルギー需要の価格弾力性の推定上の課題を考慮した分析枠組みの提示
 - 5.2 エネルギー価格に対する反応の非対称性をもたらす要因
 - 5.3 価格弾力性の可変性
 - 5.4 日本についての分析から得られる途上国への示唆
 - 5.5 日本の高度成長期と韓国・中国との比較
 - 5.6 窯業土石産業の分析から得られた経済発展段階による影響
 - 5.7 エネルギー価格制度改革の現状と課題
 - 6 おわりに
 - 7 残された課題
- 参考文献

1. はじめに

2000 年代に入って以降、エネルギー価格は上昇を続け、リーマンショック直前の 2008 年 8 月に、ニューヨーク市場の原油先物価格は 1 バレル 140 ドルを超えるまで高騰した。このエネルギー価格の高騰によって、先進国では省エネが加速した一方で、途上国のエネルギー需要は増加を続けた。「途上国のエネルギー需要は、先進国に比べて価格変化に反応しにくいと考えるべきか」、これが本論文の出発点となる問題意識である。

産業構造が脱工業化の方向へ変化している先進国に対し、多くのアジア途上国では、工業化を進める段階にあることから、エネルギー資源価格高騰の国内産業への影響は、より大きくなる。また、途上国では所得格差が大きいことから、低所得者にとってのエネルギー価格高騰による生活への影響度合いは、先進国より深刻になる。これは、しばしば途上

国の国内政治の混乱や不安定化を招くことから、政治的な影響も小さくない。

こうしたことから、多くの途上国において、国内のエネルギー価格は、価格統制、税の減免や低所得者への現金給付など、様々な手段によって国際価格よりも安価に抑えられてきた。しかし、安価な国内価格を維持するための政府の財政負担（広義のエネルギー補助金）は、2000年以降の国際エネルギー価格高騰によって大きく膨らんでいる。

このエネルギー補助金を削減し、途上国における国内エネルギー価格を引き上げることができれば、財政負担の軽減はもちろん、省エネへのインセンティブが強められ、途上国におけるエネルギー需要の抑制につながる事が期待されている。

一方で、途上国におけるエネルギー需要の急増を、Kuznets [1955] に端を発するクズネッツ曲線の環境版「環境クズネッツ曲線」になぞらえれば、それは、エネルギー価格の水準にかかわらず成長途上の工業化の過程で必然的に起こるものであり、途上国におけるエネルギー需要の価格に対する感応度は低い、と考えることもできる。しかし、途上国を対象とした実証分析は依然として少なく、途上国において、国内エネルギー価格を引き上げることが、果たしてエネルギー需要の削減につながるのか否かについての実証分析の蓄積は十分とは言えない。

これら実証分析で注目するのは、先に述べた「エネルギー需要の価格に対する感応度」である。本論文では、この感応度である「エネルギー需要の価格弾力性」の推定を通して、途上国の産業部門におけるエネルギー需要の抑制策を考えるうえで、エネルギー価格制度改革にどの程度期待できるのかについて、検証を行った。

2. 途上国のエネルギー価格制度改革が注目される背景

2009年のピッツバーグでのG20サミットで、参加国は、地球温暖化問題の解決のために、“rationalize and phase out over the medium term inefficient fossil fuel subsidies that encourage wasteful consumption.”（化石燃料の無駄遣いを助長する非効率な化石燃料補助金を中長期的に撤廃すること）を目指して、翌年のトロントのG20サミットまでに各国の実行戦略と期限を作り報告することを約束した。それに応えるため、IEA, OPEC, OECD, World Bank が共同で報告書をまとめた（IEA, OPEC, OECD and WB [2010]）。

石油消費国と生産者国の代表として、ときに激しく対立してきたIEA/OECDとOPECが共にまとめた報告書として注目するが、この両者の共同作業が可能になった背景には、世界的なエネルギー資源の需給ひっ迫と価格の高騰がある。報告書自体は、それぞれの主張が併記されているものではあるが、先進国の視点だけでまとめられた従来のレポートではあまり触れられてこなかった論点も少なくない。

2000年以降の石油価格高騰の要因の一つとして、OPECの増産が不十分であるという批判がある。これに対し、OPECでは、問題は供給側にあるのではなく、高価格下でも需要

が伸び続けていること、すなわち需要側に原因があると反論してきた。この点については、IEA/OECD でも、化石燃料補助金の存在が、化石燃料価格が下がりにくい一因となっていることを指摘している。

人口増加が続く中東諸国においても、国内のエネルギー需要は急増している。これは、主要な輸出品であるエネルギー製品の輸出余力にも影響を与え始めている。このため、中東諸国においても、国内のエネルギー需要の急増に歯止めをかけたいという事情は同じである。

一方、世界銀行の立場からは、途上国の貧困対策、経済開発の手段としてのエネルギー補助金は、各国の実情を踏まえて尊重されるべきであることが論じられている。

3. 本論文の論点と各章の構成

本論文では、途上国のエネルギー需要の増加を抑制する手段として、国内エネルギー価格の上昇に、どの程度期待できるのか、について検証を行った。

実証研究に先立って、途上国のエネルギー価格を取り巻く現状を理解し、問題の所在を明らかにすることが重要となる。第 2 章では、途上国のエネルギー価格とそれに大きな影響を与える国内のエネルギー補助金の動向を中心に整理した。

エネルギー価格が需要に与える影響の分析は、エネルギー需要の価格弾力性を計測することでもある。しかし途上国を対象とした実証分析の蓄積は十分ではない。また、先進国を対象とした分析についても、エネルギー需要の価格弾力性の推定には多くの課題が指摘されてきた。第 3 章では、先行研究においてエネルギー需要の価格弾力性がどのように推定されてきたのか、これまでの実証分析でどのような課題が残されているのかという論点で先行研究を整理した。

また、第 3 章でとりあげた実証分析上の課題の一つである、「エネルギー需要が、エネルギー価格上昇時により大きな影響を受ける傾向にある」、という観察結果を実証分析においてどのように扱うかも本論文の論点の一つである。第 4 章では、この価格変化に対する需要の反応の非対称性について論じ、第 5 章では、この論点も含めた実証分析の枠組みを提示した。

途上国のエネルギー需要に関する実証分析にあたっては、データ制約が問題になる。そこで、まず第 6 章では、より長期間の分析が可能な日本を対象に実証分析を行うことで、日本の高度経済成長期に観察されたことから現在の新興国に通じる示唆を得た。同時に期間分割した日本のデータに、実証分析の枠組みを適用することで、データ制約のある途上国についても、ある程度の安定的な結果を得ることが期待できることを確認した。

日本の高度経済成長期に観察されたことが、同じく東アジアの工業国として輸出主導型の成長モデルをとってきた韓国、中国についても同様に観察されるのか、日本独自のものであったのか、という論点について、第 7 章では、日本、韓国、中国のエネルギー多消費

産業を対象とした実証分析から明らかにした。

続く第 8 章では、日本、韓国、中国で観察されたエネルギー価格と需要の関係が、経済発展段階の異なる国々の間でどの程度一般化できるのか、という論点について、先進国を含めたより広範な国の窯業土石産業を対象にした実証分析から明らかにした。

第 2 章では、途上国が国内のエネルギー補助金制度の抱える問題点に直面していることを指摘した。途上国はこれまで、この問題に対してどのように取り組んできたのか、今後どのようにあるべきかという論点について、第 9 章では、日本、韓国を含めた東アジア諸国の事例を整理した。

4. 途上国の国内エネルギー価格とエネルギー補助金の動向

第 2 章では、途上国の国内エネルギー価格とエネルギー補助金の動向について整理した。エネルギー価格を国際比較することで、各国の課税・補助金支給規模を推計することが可能である。特に、エネルギー製品の中でも、石油製品の本体価格は、国際間の裁定が働きやすいことから、国際間の価格の違いを、概ね課税・補助金水準の違いであるとみなすことができる。この方法は、プライスギャップアプローチと呼ばれ、IEA などで、エネルギー消費者補助金の推計に一般的に使われている。

同方法によって推計された途上国におけるエネルギー補助金規模は、近年のエネルギー価格高騰によって、産油国だけではなくアジア途上国においても、政府税収の 1 割前後を占めるまでに膨らんでいる。従って、エネルギー補助金の削減は、途上国にとって重要な政策課題である。

5. この論文で明らかにしたこと

5.1 エネルギー需要の価格弾力性の推定上の課題を考慮した分析枠組みの提示

第 3 章では、エネルギー需要の価格弾力性の実証分析を行っている先行研究を、対象部門、推定手法、推定に用いたデータタイプ、推定期間などの観点から再整理した。その結果、推定手法や推定期間などによって、一定の傾向があることを明らかにした。

例えば、時系列データよりも、クロスセクションデータやプーリングデータを用いる方が、価格弾力性は大きめに推定される傾向にある。また、石油危機の期間を含んだ推定結果に比べて、同期間を含まない価格安定期を対象とした分析では、価格弾力性が小さめに推定される傾向にある。さらに、タイムトレンドなどのトレンド要因を考慮しない場合には、考慮した場合に比べて、価格弾力性が大きくなる傾向にある。これらの結果は、すなわち、前提とするモデルや推定期間の違いによって、推定結果にバイアスが生じる可能性があることを示唆している。

本論文では、途上国のエネルギー需要について、時系列データを用いたマクロ集計量の分析を行う。第 3 章での先行研究のレビューから、この場合には、特に、価格上昇時と下降期で価格弾力性が異なる可能性があることと、タイムトレンドなどのトレンド要因を考慮することが重要であることが明らかになった。本論文では、前者を「価格に対する反応の非対称性」、後者を「エネルギー需要トレンドの非線形性」と呼ぶ。

よりロバストな価格弾力性を得るためには、これらの課題を踏まえた推定を行うことが望ましい。しかし、「エネルギー需要トレンドの非線形性」と「価格に対する反応の非対称性」の 2 つを同時に考慮する試みは、(著者の知る限りでは)行われていない。第 5 章では、この 2 つの課題を同時に考慮した分析枠組みを提示した。これを途上国に適用することで、途上国に関する、よりロバストな価格弾力性の実証分析の蓄積に貢献できると考えられる。

5.2 エネルギー価格に対する反応の非対称性をもたらす要因

第 4 章では、エネルギー価格に対する反応の非対称性をもたらす要因を検討・整理した。価格に対する反応の非対称性に関しては、2 度の石油危機時とその後の石油価格暴落時の需要の反応が、必ずしも対称的ではなかった観察から指摘されるようになった。

本論文では、価格に対する反応の非対称性が存在する理由について、一般的な財も含めて考えられるもの、エネルギーに固有のものとして考えられるもの、の 2 つの側面から考察した。はじめに、価格に対する反応の非対称性をエネルギー固有のものと考えず、一般財を扱うことのできる理論モデルに、市場構造の違いとメニューコストを考慮に入れることで説明を試みた。投入原材料に価格ショックが起こった場合を例に理論モデルによる検討を行った結果、川上企業が投入コスト変化を価格転嫁する度合は市場構造によって異なること、市場にリーダーとフォロアーが存在するケースでは、仮に川上企業がリーダーの場合、その卸売価格は下方硬直的な傾向を持つこと、さらにメニューコストを考慮に入れると、この下方硬直性の度合いはより高まることを明らかにした。

次に、価格に対する反応の非対称性に関するエネルギー固有の要因を先行研究から整理した。Hicks [1932] の意味における価格誘発的な技術変化によって、価格下落後もその効果が維持されること、価格上昇時に獲得した省エネ習慣の継続、価格上昇時に導入された省エネ関連の規制や政策の継続などが、非対称性の要因としてあげられることがわかった。

5.3 価格弾力性の可変性について

推定期間によって、エネルギー需要の価格弾力性の推定値が影響を受けることは、経験的に知られており、価格弾力性を時変パラメータとして捉える試みもなされてきた。第 6 章では、日本の製造業を対象に、価格弾力性の期ごとの変化が、価格に対する反応の非対称性に基づくのか、非対称性だけではなく、上昇時、下降時の各価格弾力性自体もなんらかの構造変化によって変化しているのかを見るために、価格変数を上昇時と下降時に分割した(非対称な)場合と、分割しない場合の 2 通りについて、価格弾力性の値を、毎期の

変化を許す時変パラメータとして推定した。

その結果、価格変数を分割した場合には、機械を除くほとんどの業種において、価格弾力性のパラメータは、推定期間中、一定の値として推定された。このことから、少なくとも日本の産業部門では、価格上昇時と下降時の価格弾力性の値そのものは、比較的長期に安定的な値であり、価格弾力性が、時間とともに変化しているように観察されるのは、価格に対する反応に非対称性がある中で、価格変化が起きたためである可能性を指摘した。第 7、8 章の各国の分析でもほぼ同様の結果を得た。

このことは、仮に、価格に対する反応の非対称性を考慮せずに推定した価格弾力性が、上昇傾向にあるとき、エネルギー需要構造に何らかの構造変化が起きたと考える前に、価格自体が上昇傾向にないかを確認するべきであることを意味している。その確認を経ずに、何らかの構造変化が起きたとして、それを取り込む目的で、できるだけ直近の推定期間で推定された価格弾力性の値を参照しようと試みることは、必ずしも適切ではないことが明らかになった。

5.4 日本についての分析から得られる途上国への示唆

第 6 章では、途上国におけるエネルギー価格制度改革の効果を探る試金石として、日本の高度経済成長期以降の産業部門に焦点をあて、業種別のエネルギー価格弾力性を推定した。その結果、紙パを除くエネルギー多消費産業で、価格上昇時と下降時の価格弾力性の値に差異（非対称性）があることがわかった。このうち、エネルギー多消費産業では、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ことを確認した。このことは、エネルギー多消費産業では、エネルギー非多消費産業に比べて、エネルギー価格上昇時に、よりエネルギー節約的な変化が起きていたことを意味する。

日本で観察されたことから、途上国への示唆を得るために、エネルギー需要の変化要因を期間別に分析した。その結果、価格上昇によるエネルギー需要の抑制効果は、高度経済成長期においては必ずしも支配的な要因ではなく、むしろ生産規模拡大による寄与が大きかったことがわかった。

途上国に比べて長期間のデータが入手できることから、戦後から高度経済成長期を含む前期と、高度経済成長期以降の後期の 2 期間について、同様の分析枠組みを適用した実証分析を行った。両者を比較したところ、推定結果は概ね安定的であったことから、第 7 章以降のより推定期間の短い途上国の分析にも適用可能であると判断した。

5.5 日本の高度経済成長期と、韓国・中国との比較

第 7 章では、第 6 章の実証分析において日本の高度経済成長期に観察されたことが、同じく東アジアの工業国として輸出主導型の成長モデルをとってきた韓国、中国についても同様に観察されるのか、日本独自のものであったかを明らかにするために、実証分析を行った。

エネルギー需要の価格弾力性の推定結果から、価格上昇時と下降時の価格弾力性は、日本の紙パ、中国の化学以外で、有意に異なることがわかった。また、中国の価格弾力性は、紙・パを除く全ての業種において、日本や韓国に比べて高い結果となった。

特に、中国の鉄鋼、窯業土石、韓国の窯業土石の各産業では、価格上昇時と下降時の価格弾力性の差異が大きいことから、エネルギー価格の上昇による省エネ効果が起こりやすいと考えられる。中国の鉄鋼、セメント産業は、同国の産業用エネルギー需要の半分、国全体のエネルギー需要の 4 分の 1 を消費している。このことは、中国が今後、国内のエネルギー価格に対する規制を徐々に緩めていくことで、産業部門においても、価格効果によるエネルギー需要の抑制を期待できることを示唆している。

次に、生産規模拡大の影響について、エネルギー需要の生産規模拡大に対する弾力性の値を比較した。その結果、日本の生産弾力性は、比較的高めで、期間を通して大きな変化は見られないことがわかった。これに対して、韓国、中国の生産弾力性は、中国の鉄鋼、韓国の窯業土石を除くと、日本よりも低く、期間を通じて緩やかな上昇基調にあることがわかった。

これは、韓国、中国において、生産規模の拡大によるエネルギー効率の向上（原単位の低下）度合いが大きいことを意味する。生産規模の拡大による効率向上の影響には大きく 2 つの側面がある。1 点目は、産業の発展期にある途上国では、生産規模の拡大が新技術導入の機会になること、2 点目は、新規参入と同時に、生産効率の低い中小零細企業の整理統合や産業の再編が進められやすいこと、である。途上国においては、生産規模の拡大をいかに高効率技術の導入につなげていくかが重要であろう。

日本や韓国の高度経済成長期においては、生産規模拡大に伴う新規設備の導入による生産性の上昇が、労働生産性、エネルギー生産性を同時に高めた結果、エネルギー消費効率も高まった（エネルギー原単位が低下した）と考えられる。これに対して中国における生産規模の拡大時期は、2000 年以降の国際エネルギー価格が持続的に高騰していく時期と重なったことから、最初から、エネルギー節約的な新規設備の導入が行われた可能性を示唆している。

5.6 窯業土石産業の分析から得られた経済発展段階による影響

第 8 章では、第 6 章の日本の業種別を対象とした実証分析および、第 7 章の日本、韓国、中国のエネルギー多消費産業を対象とした分析で得られた結果が、経済発展段階の異なる他の国々でも観察されるのかについて、より多くの国を対象とした同様の分析で検討した。

分析にあたっては、生産プロセスが比較的シンプルで、国際間で大きな違いはないこと、エネルギー多消費産業のうち、途上国の経済発展初期に最初に立ち上がる産業であること、などの理由から、先進国を含む 12 か国の窯業土石産業を対象とした実証分析を行った。

その結果、エネルギー需要の価格弾力性については、途上国においても、上昇時と下降時とで価格に対する反応が異なる非対称性があること、それぞれの価格弾力性は、多くの

国において期間中一定であることが確認できた。価格弾力性の大きさについては、先進国、途上国間で大きな差異は確認できなかった。

エネルギー消費原単位の変化要因を分析したところ、特に経済発展初期では、価格上昇による原単位の低下効果には大きく期待できないものの、生産規模の拡大が進むにつれて、価格上昇による原単位削減への寄与も大きくなる傾向が確認された。これは、第 6 章の日本についての分析結果とも整合的である。途上国におけるエネルギー需要の削減を考える場合には、経済発展段階に応じたエネルギー価格の適正化が重要になるといえる。

最後に、中国の例をとりあげ、途上国における窯業土石産業の実態からみた、分析結果の考察を試みた。中国の窯業土石産業において、エネルギー価格の上昇は、大企業を中心にした高効率の新型設備導入を加速させることで、エネルギー消費原単位の低下をもたらしていると考えられる。また、中国の窯業土石産業は、日本以上に生産規模拡大の効果が大きく働きやすい構造を持っているものの、依然として小数の大規模企業と多数の小規模企業が併存する二重構造が続いている。規模の経済性のメリットを最大限に生かすためには、需要の拡大に対して、小規模セメント企業の新規参入で対応するのではなく、企業数の集約と1社当たりの規模拡大化が重要であると考えられる。

5.7 エネルギー価格制度改革の現状と課題

高度経済成長期の日本においては、国内の石炭、石油産業保護の撤廃は、低廉な石油製品、輸入炭の流入による国内価格の低下をもたらすことから、国内の石炭・石油産業への影響をどのように緩和するか、に大きな論点があった。また、欧州においては、補助金によって、国内の石炭産業を保護し、同時に安価な利用を可能にすることが、それを投入する国内製造業の間接的な保護につながる点が、欧州域内の国際競争を歪めるという論点であった（島田 [2004]）。

これに対して、現在の途上国におけるエネルギー補助金制度改革の議論は、財政に大きな負担となっている手厚い消費者への補助金を、いかに痛みを少なく撤廃し、国内価格の上昇をエネルギー利用効率の向上につなげていくか、が重要な論点である。

既に多くの途上国で補助金改革の必要性は認識されている。しかし、国際燃料価格が高騰している状況下では、改革の困難さも増しており、各国の補助金支出も急増している。途上国の多くで共通してみられたパターンは、補助金改革に着手したものの、燃料価格高騰によって、その改革を凍結あるいは以前に戻ってしまうというものである。

タイのように数年前に改革に着手した国では、現状でも依然として市場への介入が続いている。国内価格を国際価格とリンクさせた国の中には、臨時的措置として、価格を据え置き、その後、大変な財政負担を背負っている国もある。中国では、2008年の国際燃料価格低下を、国内価格水準引き上げの好機ととらえ、新しく国際市場との連動性を高めた石油製品価格決定方式の導入や、燃料に掛かる消費税率の引き上げを行っている。これに対してインドネシアでは、2008年の国際燃料価格低下に合わせて、国内の石油製品価格を引

き下げている。このように、国際燃料価格低下時にどのような政策がとられるかも、補助金改革の成否を分ける一つといえる。

途上国におけるエネルギー価格制度改革を進めるにあたって考慮すべき点について、本分析結果から得られた示唆をまとめると以下のとおりである。

- (1) 消費者補助金などによる、国内のエネルギー価格への直接的な介入は、エネルギー価格高騰時など最小限かつ短期間に限り、国内のエネルギー需給全般の適正化に資する間接的な介入に転換していくことが有効である。
- (2) エネルギー価格の引き上げ（補助金の削減）に合わせて、エネルギーコスト上昇にも耐えうる省エネ技術の導入を促す政策と組み合わせることが有効である。
- (3) ただし、経済発展の初期段階から高度経済成長期にかけては、省エネだけを政策目標とするのではなく、生産拡大に伴う新規設備の導入や企業の集約化などの全般的な生産性の向上を進めることが、結果的に省エネにつながる。
- (4) 国際的なエネルギー価格が低下するタイミングに合わせて、補助金を削減することで、国内への影響を最小限にとどめることができる。
- (5) 途上国各国のエネルギー価格制度改革に関する取り組みの状況とその結果を繰り返しレビューし、政策に反映させる作業を継続することが有効である。

6. おわりに

本論文では、途上国においても、先進国同様にエネルギー価格上昇によってエネルギー需要の抑制効果が働く素地があることを明らかにした。特に、エネルギー需要の価格変化に対する反応は、価格上昇時の方が下降時よりも大きく非対称性を持つこと、その反応の大きさや反応の差は、期間を通して比較的安定的であることがわかった。これらのことから、途上国においても、エネルギー価格の上昇によって、価格下落時でも相殺されない不可逆的な省エネ効果をもたらされることを明らかにした。

現状では、各国固有の事情から、必ずしも国内価格が変化しやすい構造にはなっていない国もあるが、それらの国においても 2000 年以降、エネルギー制度改革の成果は、徐々に現れていることを確認した。過去の日本や韓国をみると、エネルギー価格の自由化は、経済発展とともに進んできたことから、途上国がそれぞれの国情に応じたスケジュールと方法によって、エネルギー価格の適正化を進めていくことで、省エネ型の社会・経済への転換を進めていくことができると考える。

7. 残された研究上の課題

本論文では、今後の検討が必要な課題も残された。以下に、9つの課題を列挙する。

- (1) **途上国に関するエネルギー関連データの充実**：途上国を対象とした実証分析では、十分なサンプル数が得られず、分析を断念した国も多くあった。特に国内価格のデータについては、欠損値も多いことから、今後、データの整備・充実を待って、より多くの国を対象にした精度の高い実証分析を行いたい。また、本論文で取り上げることのできた途上国についても、サンプル数は決して十分とはいえないことから、今回の分析結果についても、データの更新・追加を待って、再度分析することも重要な課題である。
- (2) **エネルギー価格の国際比較手法についての検討**：エネルギー価格の国際比較については、換算レートとして何を用いるかは、引き続き課題である。本論文の実証分析では、各国通貨表示による価格データを用いているので、直接的には問題はないものの、第2章でのエネルギー価格の国際比較に関しては、換算レートの影響は免れない。より実態に即した国際比較の方法については、今後の課題としたい。
- (3) **調整過程を考慮した産業用エネルギー需要関数の導出**：第3章において、生産関数を基に要素需要関数として導出した産業用エネルギー需要の静学モデルから、自己ラグ項を含むモデルを導出するにあたっては、AR1過程に従う調整過程を仮定することが必要であった。こうした仮定を用いずに、静学モデルから、自己ラグ項を含むモデルを導出することは今後の課題としたい。
- (4) **エネルギー価格に対する反応の非対称性をもたらしている要因の寄与分解**：第4章では、エネルギー需要の「価格に対する反応の非対称性」をもたらす要因については、エネルギー以外の一般的財でも成り立つ、市場構造およびメニューコストの存在による説明のほか、エネルギー財固有の要因として、エネルギー価格の上昇に誘発される技術変化による説明ができることを示した。しかし、第6章～第8章の実証分析で捉えた「非対称的価格要因」は、これらの要因がひとまとめになったものである。個別の要因に分解した分析については、今後の課題としたい。
- (5) **価格誘発的技術変化のメカニズムの解明**：上記であげた「非対称性」をもたらす個別要因の一つである価格誘発的な技術変化に関しては、エネルギー価格の変化時に、どのようなメカニズムで技術変化が起こりうるのかについての解明を、今後の課題としたい。
- (6) **途上国のエネルギー市場特性を踏まえた分析への発展**：途上国の国内エネルギー市場は、途上国特有の政治・社会制度などの影響によって、供給の集中・独占度が高く硬直的であるといった特徴を持つ。本論文の分析に用いたエネルギー需要関数は、完全競争市場を前提としているが、この分析枠組みを出発点に、より途上国の特性を考慮できる分析に発展させていきたい。本論文では、こうした途上国の市場特性による影響を最小限にするために、より市場の国際化が進んだ産業部門を分析対象としたが、途上国の市場特性を考慮できる分析枠組みを検討することで、分析対象を民生部門にも広げることが可能になる。

(7)エネルギー需要トレンドを変化させる要因の解明：本論文では、エネルギー需要に影響を与える要因のうち、生産規模、エネルギー価格など、モデルで明示的にとらえた以外の、様々な要因の複合を、未知のエネルギー需要トレンドとして推定した。これによって、よりバイアスの少ないロバストな価格弾力性の推定値を得ることが可能になった。一方で、推定したエネルギー需要トレンドが、どのような要因によって変化しているのかについての特定や、需要トレンドに直接働きかけるような省エネ政策の可能性の検討には至っていないため、今後の課題としたい。

(8)エネルギー間の代替についての検討：本論文では、エネルギー種別ごとの検討ではなく、集計したエネルギー消費量をいかに減少させるか、という論点で分析を行ってきた。しかし、例えば中国では、そのエネルギーの大半を石炭に頼っており、環境問題の観点からは、石炭から他の燃料にどのように転換していくかも、重要な課題である。これらの燃料間の代替の問題に関しては、今後の課題として取り組みたい。

(9)国際情勢の変化と途上国におけるエネルギー価格制度改革の行方：2000年代以降のエネルギー価格の高騰は、先進国での省エネを加速させた一方で、深海油田の開発や北米を中心としたシェールガス、タイトオイルなどの非在来型資源開発の経済性を大幅に高めた。その結果、国際的なエネルギー資源の需給バランスに大きな構造変化が起き始めている。2014年末現在、国際原油価格は急落している。これは、途上国にとって、国内価格と国際価格の格差を縮め、エネルギー補助金を削減する好機でもある。また、2020年以降の地球温暖化防止の国際枠組み作りの国際交渉が大詰めとなる中で、中国やインドなどの温室効果ガスの大排出国である途上国の動静に大きな注目が集まっている。特に中国では、石炭利用により深刻な大気汚染の問題をかかえており、エネルギー需要の抑制は大きな政策課題であることから、より強力な省エネ政策が進められる可能性もある。このように、本論文で取り上げた途上国各国のエネルギー価格制度改革の動向については、今後、エネルギー需給を巡る国際情勢に大きな変化があることも予想されることから、引き続き注意深く観察を続けたい。

参考文献

- 島田悦子[2004], 『欧州石炭鉄鋼共同体 EU 統合の原点』, 日本評論社
- Hicks, J.R. [1932], *The Theory of Wages*, London, MacMillan
- IEA, OPEC, OECD and WB [2010], *Analysis of the scope of energy subsidies and suggestions for the G-20 initiative*, IEA, OPEC OECD, World Bank joint report, 16 June 2010
- Kuznets, S., [1955], *Economic growth and income inequality*, *American Economic Review*, Vol.49, 1-28