



RIETI Discussion Paper Series 12-J-007

## 電力供給と産業構造

佐藤 仁志  
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

## 電力供給と産業構造

佐藤 仁志（経済産業研究所）

### 要 旨

東日本大震災に伴う原発事故によって生じた電力供給構造の変化が産業全体に及ぼす影響が懸念されている。本稿は、電力供給能力が製造業の生産と貿易に長期的にどのような影響を与えるかを考察するため、各産業の生産シェアが産業の生産性（TFP）、生産要素賦存に依存するモデルを OECD15 か国、12 製造業部門からなるパネルデータを用いて推計した。推計の結果、発電容量ないし電力産業の生産性の低下の影響は産業によって異なり、電気機器、輸送機器、一般機械を含むいくつかの産業については負の影響が見られた。電気機器、輸送機器、一般機械などは日本が相対的に高い生産シェアを有しており、推計結果は発電容量ないし電力産業の生産性の低下が比較優位を弱める方向に働くことを示唆している。電力供給に関する各産業の生産の弾力性と産業自身の TFP の生産の弾力性を試算したところ、ほとんどの製造業部門で前者は後者の半分以下であった。また、産業の TFP の変化は短期的にも生産に影響を与えるが、電力供給能力の変化が生産に与える影響は短期的には小さく、長期的なものであるという推計結果も得られた。

キーワード：生産性、要素賦存、GDP 関数、電力供給

JEL classification: F1, F11, Q40

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、(独) 経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

# 1 はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故以来、日本の多くの原子力発電所は、運転を停止している\*1。この間、電力会社は主に火力発電に切り替えることで発電不足を補ってきた。このことは発電実績の統計に明らかで、2010年4月から2011年3月までの発電構成は、火力60.3%、原子力31.4%、水力8.1%であったが、2011年4月から2011年12月までの発電構成は、火力75.2%、原子力15.0%、水力9.5%となっており、原子力発電の減少分のほとんどが火力発電で代替されたことが分かる\*2。火力発電への代替は、発電費用を上昇させていると言われており、すでに一部の電力会社は2012年中に電気料金を値上する方針を言明している\*3。また、原子力発電所の再稼働の見通しや将来の原子力発電の位置づけの不透明さなどから、電力会社は社債によって資金を調達することが難しくなっており、こうした資金調達の不利も発電コスト上昇の一因となる可能性がある\*4。電力は産業や生活に不可欠であり、電力供給の制約が日本経済に与える影響について、産業界や行政などから強い懸念が寄せられている\*5。

本稿は、電力供給制約が製造業の生産に与え得る影響、特に産業の特化構造への影響を考察する。この点については、経済的にも政策的にも重大な関心事項となっているため、既にいくつかの先行的な研究が存在する。例えば、館・落合(2011)は、地域一般均衡モデルを用いて、日本のすべての原子力発電所が運転停止した場合を想定し、地域経済と産業に対する影響を分析している。また、徳井他(2012)は、産業連関表を用いて、原子力発電所が全停止した場合に生じる電力価格の上昇が地域経済や産業に与える影響を推計している。これらの分析は、地域、産業によって電力供給制約の影響が異なることを示すなど、電力供給制約の影響について一定のガイダンスを与えるものとして有益である。しかし、館・落合(2011)は、特定のマクロ経済モデルに依拠した比較静学的なシミュレーションであり、また、徳井他(2012)は、本質的には固定的な投入産出関係を前提とした産業連関表による波及効果の計算である。一般に投入物の相対価格が変化すれば、費用最

---

\*1 2010年3月末時点で運転可能な原子力発電所は54基を数えたが、このうち2011年9月時点で運転していたのは約四分の一に過ぎず、さらに2012年2月になるとわずか2基を残すだけという状況になっている。

\*2 データの出所は、資源エネルギー庁「電力調査統計」。火力、原子力、水力以外の電源として、風力、太陽光、地熱、バイオマス、廃棄物があるが、それらが発電に占める割合は非常に小さく、2010年度で0.5%に過ぎない。また、2011年4月以降同年12月までの発電割合も0.6%にとどまっている。

\*3 2012年初めに、2012年4月以降に東京電力は産業向けの電力価格を約17%値上げする方針であると各方面で報道されると、政府や産業界から厳しい批判が東京電力に寄せられた。それを受け、東京電力は値上げ幅の圧縮を検討する旨の発表を行った(「日経新聞」2012年2月16日付)。

\*4 福島第一原子力発電所の事故以降、電力債の起債ができなかった状態が続いていたが、3月2日に東北電力が原発事故以来初めて起債に成功した(「ロイター」2012年3月2日付)。しかし、さらに電力債の起債再開が継続するかは不透明な要因が多いとする生命保険協会会長のコメントも報道されている(「ロイター」2012年3月16日付)。

\*5 例えば、社団法人日本鉄鋼連盟は、2012年2月に低廉で安定的な電力供給の確保を政府に申し入れている(<http://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/120216youbousho.pdf>)。

小化を図る企業は投入物の構成を変化させる。調整過程が進む長期では、このような調整の影響は無視できない。また、長期的には技術進歩などにより産業の生産性も変化するだろう。さらに、生産は資本や労働といった生産要素の賦存量にも左右される。先に掲げた二つの先行研究はこれらの点を欠いており、より長期的な視点からみた場合、必ずしも適切な情報を提供しているとは言えない。本稿は、計量的な推計を行うことによって、これらの点を考慮し、先行研究との差別化を図っている。具体的には、産業の全要素生産性（TFP）や資本ストックや労働などの生産要素賦存に加え、電力の供給能力が産業の生産特化にどのような影響を与えるかを見るため、OECD 加盟国 15 か国からなる製造業 12 部門の産業パネルデータを作成の上、各産業の生産シェアを推計した。

推計される各産業の生産シェアは、開放経済下での GDP 関数から導出される。このような手法を用いた代表的な先行研究として、Harrigan (1997b) などが挙げられる\*6。本稿もこのような先行研究を踏襲しているが、電力供給の制約が産業の特化に与える影響を見るために、背後にある経済モデルを幾分修正し、非貿易財である中間財部門を電力供給部門の近似として導入した。これによって、各産業の生産シェア関数には、各産業それぞれの TFP、熟練労働、非熟練労働、資本ストックに加え、電力の供給能力が明示的に取り入れられている。

本稿の貢献のひとつは、トランスログ型のフレキシブルな生産関数を前提として、各産業の TFP や経済全体の労働や資本の賦存量の変化をコントロールしつつ、電力供給能力が生産シェアに与える影響を計量的に明らかにしたことである。推計の結果、生産性で調整された電力の供給能力（本稿では「実効電力供給」と呼ぶ）の係数は、少なくとも数の製造業で統計的に有意であり、サイズと方向の両方において部門によって異なる影響を持つことが示された。具体的には、電気機器、輸送機器、機械、化学、紙製品などの部門では正の係数が得られ、また、繊維、窯業、その他製造業といった部門では、負の係数が得られた。しかし、同時に、それぞれの産業自身の TFP の上昇が当該産業の生産シェアを押し上げる影響の方が電力の供給能力の影響よりはるかに大きいことも示された。

また、本稿はダイナミック・パネル推計を行い、短期的な影響の評価も試みた。予想されたように、各産業の生産シェアはその 1 期前の生産シェアで相当部分が説明され、1 期ラグ項を含まない推計結果と比較すると生産要素賦存量や実効電力供給の各説明変数の係数は大幅に低下するか、有意性が失われた。これは、実効電力供給の変化が生産に与える影響は、短期的には表れにくいことを意味している。興味深いことに、生産要素の一つである未熟練労働については、他の熟練労働や資本ストックといった生産要素に比べて有意な係数が多かった。これは、未熟練労働の調整速度が熟練労働や資本ストックに比べ速いことの一つの証左と解釈できよう。また、TFP の影響は短期

---

\*6 Harrigan (1997b) のような GDP 関数の推計を応用した、より最近の研究例として、資本市場の不完全性を導入した Ju et al. (2011) や輸入関数の推計に応用した Kee et al. (2008) などがある。

でも比較的良好に残った。このことは、TFP の継続的な改善があれば、電力供給制約の負の影響を補うことが可能であることを示唆するものである。

現在日本で起こっている火力発電への代替や電力事業の先行きの不透明性が発電費用を上昇させているとすれば、それは発電の生産性の低下と同じことであり、推計においては実効電力供給の低下と見ることができる。そこで、本稿は推計結果を用いて、(1) 電力供給の制約は日本の比較優位構造にどの程度の影響を与えるか、(2) 電力供給の制約は生産をどれだけ変化させるか、の二点から電力供給制約の評価を試みた。日本はサンプル国の平均に比べて、電気機器、輸送機器、一般機械の各部門における生産シェアが高く、これらの部門に比較優位を有していると考えられる。推計結果によれば、他の要件を一定として実効発電供給の低下はそれらの部門の生産シェアを引き下げる。したがって、最初の点については、電力供給の制約は日本の比較優位を弱める方向に働くと考えられる。しかし、仮に実効電力供給が 10% 下落しても、生産シェアへの影響はそれほど大きなものではなく、比較優位にある産業が比較劣位に転化するなどといったドラスティックな変化までは考えにくい。

第二の点については、推計結果に基づき、実効電力供給に関する各産業の生産の弾力性と産業自身の TFP の生産の弾力性を試算して評価した。その結果、ほとんどの部門で実効電力供給に関する生産の弾力性は（絶対値でみて）、産業自身の TFP に関する生産の弾力性の半分にも満たなかった。しかし、近年、多くの製造業部門で、日本の生産性の上昇が鈍いものであったことにかんがみると、実効電力供給の低下によって生産に負の影響を受ける部門が、例えば生産性を改善することで生産の落ち込みを埋め合わせるのは、それほど容易ではないとも考えられる。一方で、電力供給の影響はどちらかと言えば長期的なもので、それに比較すると TFP の改善は短期的にも影響が出やすいという推計結果も得られている。したがって、産業の継続的な TFP の改善は電力供給制約の負の影響をカバーする意味でも重要であると考えられる。

本稿の以下の構成は次のとおりである。次節は、推計の背後にある理論的な枠組みを説明する。第 3 節は推計方法を述べ、推計式を導出する。第 4 節は推計に用いたデータの概要と記述的な統計を述べる。第 5 節は推計結果とその含意を述べている。第 6 節は全体のまとめである。

## 2 理論的な枠組み

ここで用いた分析は、基本的には Kohli (1991) や Harrigan (1997b) らによる GDP 関数の推計アプローチを踏襲している。しかし、電力供給部門を明示的に推計に加えるために、GDP 関数の背後にある標準的な新古典派的貿易モデルに中間財部門を導入することで幾分の拡張を図った\*7。

---

\*7 複数の財が最終消費されるとともに互いに中間投入としても用いられる形で中間財部門を導入するのが理想的で、現実により近い。このような中間財部門の本格的な導入は、新しい洞察をもたらし得るというメリットもある（例えば

$N$  だけの最終財 ( $i = 1, \dots, N$ ) と一つの間接財を生産する開放経済下の小国を考えよう。最終財は貿易財であるが、中間財は非貿易財、であると仮定する。この経済には最終財の生産に用いられる  $M$  だけの生産要素 ( $k = 1, \dots, M$ ) があり、それらは国内での部門間移動はできるが、国境を越えて行き来することはないものとする。それぞれの最終財は、 $M$  だけの生産要素と一つの間接財から規模に関して収穫一定の生産技術で生産される。また、中間財は固有に用いられる生産要素  $k_m$  のみから生産される。この中間財の生産に関する仮定は強いものであるが、モデルの簡素化に大きく貢献する。また、この中間財部門は電力供給を想定したものだが、この産業は極めて資本集約度が高く、また、発電関連の設備は一たび作られると比較的長期間にわたって用いられることが多い。したがって、ここでの中間財に関する特殊生産要素の仮定は妥当なものと考えられる。

具体的には、最終財  $i$  と中間財の生産関数は次のように与えられる。

$$x_i = \theta_i f_i(\mathbf{v}_i, m_i), \quad (1)$$

$$m = \theta_m k_m, \quad (2)$$

ここで  $\theta_i$  は、最終財  $i$  の生産性を表すパラメータ、 $\mathbf{v}_i$  は生産要素投入ベクトル、 $m_i$  は中間財の投入を表している。中間財部門における  $\theta_m$  は中間財の生産性を表すパラメータである。これらの生産関数では、 $f_i(\cdot)$  はすべての国に共通であるが、生産性のパラメータ  $\theta_i$  や  $\theta_m$  は国によって異なることを許容している。

最終財の生産者は、最終財の価格  $p_i$ 、生産要素の価格  $w_k$ 、中間財の価格  $p_m$  を所与として、利潤の最大化を図る。このようなモデルの設定では、中間財は生産要素と同等であるから、生産可能集合を  $\mathbf{T} \subset \mathbf{R}^{N+M+1}$  として、GDP 関数を次のように定義することができる。

$$r(\Theta \mathbf{p}, \mathbf{v}, \theta_m k_m) \equiv \max_{\mathbf{x}} \{\mathbf{p}' \mathbf{x} : (\mathbf{x}, \mathbf{v}, \theta_m k_m) \in \mathbf{T}\}, \quad (3)$$

ここで、 $\Theta$  は最終財の生産性を表す  $N$  次の対角行列であり、 $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_N)$  は最終財の価格ベクトル、 $\mathbf{x} = (x_1^t, x_2^t, \dots, x_N^t)$  は最終財の生産ベクトル、 $\mathbf{v} = (v_1^t, v_2^t, \dots, v_M^t)$  は生産要素ベクトルをそれぞれ示している。ここでのヒックス中立的な技術進歩は、GDP 対して最終財価格の上昇と同等の効果を持つので、GDP 関数が生産性の違いを含んだ価格である  $\theta_i p_i$  の関数となっている\*8。

GDP 関数に関する標準的な性質、すなわち 2 回微分の可能性、 $\Theta \mathbf{p}$  についての凸性や  $\mathbf{v}$  や  $\theta_m k_m$  についての凹性、最終財の価格に関する 1 次同次性といった性質は満たされているとする\*9 した

---

Caliendo and Parro (2009))。しかしその反面、モデルが複雑化するだけでなく、意味のある推計を行うためには産業部門の投入産出に関する詳細なデータの収集が必要になるなどのコストもある。本稿では、国際的な産業レベルのパネルデータを用いるという利点を優先して、中間財部門の導入はごくシンプルなものととどめている。

\*8 ヒックス中立的な最終財の生産性  $\theta_i$  を含んだ価格の扱いについては、Dixit and Norman (1980) Ch.5 を参照されたい。

\*9 GDP 関数が 2 回微分可能性であるためには、生産要素間の代替の連続性と生産要素の数が最終財の数より少なく

がって、通常に従い、GDP 関数を最終財価格  $p_i$  で偏微分することにより、最終財の生産  $x_i$  を得ることができる。これを利用すると、 $p_i x_i / r = (\partial r / \partial p_i)(p_i / r) = \partial \ln r / \partial \ln p_i$  のようになるので、トランスログ型の GDP 関数を用いて、最終財  $i$  の生産シェア  $s_i \equiv p_i x_i / r$  についての推計式を得ることができる。

### 3 実証分析の方法

Kohli (1991) など多くの先行研究に従い、GDP 関数をトランスログ型の関数を用いて次のように表す。

$$\begin{aligned} \ln r(\Theta \mathbf{p}, \mathbf{v}, \theta_m k_m) = & a_0 + \sum_{i=1}^N a_i \ln \theta_i p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} \ln \theta_i p_i \ln \theta_j p_j \\ & + \sum_{k=1}^M b_k \ln v_k + b_m \ln \theta_m k_m + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M b_{kl} \ln v_k \ln v_l \\ & + \frac{1}{2} b_{mm} (\ln \theta_m k_m)^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M b_{km} \ln v_k \ln \theta_m k_m \\ & + \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M c_{ik} \ln \theta_i p_i \ln v_k + \sum_{i=1}^N c_{im} \ln \theta_i p_i \ln \theta_m k_m. \quad (4) \end{aligned}$$

このトランスログ型の GDP 関数を価格について 1 次同次とするために、次のような係数の制約を仮定する。

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N a_i = 1, \quad \sum_{i=1}^N a_{ij} = \sum_{i=1}^N c_{ik} = 0, \quad a_{ij} = a_{ji} \quad (5) \\ \forall i = 1, \dots, N, \quad \text{and} \quad \forall j = 1, \dots, N. \end{aligned}$$

同様に、生産要素（中間財に用いる特殊生産要素を含む）についても 1 次同次とするために、次の係数の制約も仮定する。

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{M+1} b_k = 1, \quad \sum_{k=1}^{M+1} b_{kl} = \sum_{k=1}^{M+1} c_{ik} = 0, \quad b_{kl} = b_{lk} \quad (6) \\ \forall k = 1, \dots, M+1, \quad \text{and} \quad \forall l = 1, \dots, M+1. \end{aligned}$$

ここでは表記を節約して  $\theta_m k_m$  を生産要素に含めていることに留意されたい。

---

ない ( $M \geq N$ ) という条件が満たされていることを意味している。これらの仮定については、例えば Harrigan (1997b) などの議論を参照されたい。

$\ln r(\Theta \mathbf{p}, \mathbf{v}, \theta_m k_m)$  を  $\ln p_i$  について微分し、先述した 1 次同次を保証するために必要な係数の制約を用いると、産業  $i$  における生産の GDP シェア  $s_i = p_i x_i / r(\Theta \mathbf{p}, \mathbf{v}, \theta_m k_m)$  は、次のような比較的簡単な形で表される。

$$s_i = a_i + \sum_{j=1}^N a_{ij} \ln \theta_j p_j + \sum_{k=1}^M c_{ik} \ln v_k + c_{im} \ln \theta_m k_m, \quad (7)$$

この式は、産業の生産分布がそれぞれの産業の生産性を含んだ価格  $\Theta \mathbf{p}$ 、経済全体の要素賦存  $\mathbf{v}$ 、中間財の生産性  $\theta_m$ 、そして中間財の生産に用いられる特殊生産要素の賦存  $k_m$  に依存することを示している。

GDP 関数そのものを推計する代わりに、式 (7) で表される各産業の生産シェアを推計する。係数  $c_{ik}$  は産業  $i$  の生産シェアが生産要素賦存  $v_k$  の変化に対し、どれだけ変化するかを表しており、リプチンスキー弾力性に準ずるものである。また、この係数を用いることで、リプチンスキー弾力性そのものも容易に算出できることが知られている。 $\ln x_i = \ln(s_i r / p_i)$  が成立つことから、式 (7) の  $s_i$  を用いて、リプチンスキー弾力性は、

$$\frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln v_k} = \frac{c_{ik}}{s_i} + s_k, \quad (8)$$

となる。ここで、 $s_k$  は生産要素  $k$  への総報酬が GDP に占める割合である\*<sup>10</sup>。同じように、産業自身の TFP についての生産の弾力性も産業ごとに求めることができ、それらは

$$\frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln \theta_i} = \frac{a_{ij}}{s_i} + s_i, \quad (9)$$

で表される。これら両弾力性は、実効電力供給の影響の大きさを産業自身の TFP の影響の大きさと比較するために、後節で用いられる。

推計しようとする式 (7) の右辺には、すべての最終財の（生産性込みの）価格が含まれており、国際比較可能な適切なデータをそれだけ集めるのは困難である。ここでは Harrigan (1997b) に従い、最終財を貿易財と非貿易財に大別し、貿易財に関しては、生産性を含まない価格  $p_i$  については国際的に均等化しており、実際に観察される（生産性込みの）国際価格の違いは各国の生産性の違いを反映したものと仮定し、非貿易財については、簡単な確率変動モデルで置き換えることにする。具体的には、ある最終財とある生産要素によって式 (7) の説明変数を相対値とし、 $N$  だけある財のインデックスを適切に付け直して、貿易財 ( $i = 1, 2, \dots, N_T$ ) と非貿易財 ( $i = N_T + 1, \dots, N$ ) に分ける。ある国  $c$  を選んで、(5) や (6) における係数の制約を用いると、式 (7) は次のように書

\*<sup>10</sup> 同様に、GDP 関数を  $\ln v_k$  で偏微分し、1 次同次の係数制約を用いることで生産要素  $k$  への要素報酬が GDP に占める割合、 $s_k = w_k v_k / r$  を推計することができる。推計された係数  $c_{ik}^t$  を用いて、いわゆるストルパー・サミュエルソン弾力性を計算することができる。

き直すことができる。

$$s_i^c = a_i + \sum_{j=2}^{N_T} a_{ij} \ln \tilde{p}_j + \sum_{j=2}^{N_T} a_{ij} \ln \tilde{\theta}_j^c + \sum_{j=N_T+1}^N a_{ij} \ln \widetilde{\theta_j^c p_j^c} + \sum_{k=2}^M c_{ik} \ln \tilde{v}_k^c + c_{im} \ln \widetilde{\theta_m^c k_m^c}, \quad (10)$$

ここで、 $\tilde{p}_j^c = p_j/p_1$ ,  $\tilde{\theta}_j^c = \theta_j^c/\theta_1^c$ ,  $\widetilde{\theta_j^c p_j^c} = \theta_j^c p_j^c / (\theta_1^c p_1)$ ,  $\tilde{v}_k^c = v_k^c/v_1^c$  であり、また、 $\widetilde{\theta_m^c k_m^c} = \theta_m^c k_m^c / v_1^c$  である。右辺第3項は後述するようにデータから計算することが可能である。第2項は、貿易財の（生産性をを含まない）相対価格で、財価格が均等化されていることから国を表す添字は落とされている。また変動は時間を通じた変動だけなので、推計では時間固定効果で代替することが可能である。非貿易財の相対価格である第4項は、国固定効果と時間固定効果を含んだ確率変数としてモデル化する。この第2項と第4項を合わせて、国固定効果  $d_i^c$ 、時間固定効果  $e_{it}$ 、ランダムエラーとし、推計式を次のように特定する。

$$s_{it}^c = a_{it} + \sum_{j=1}^{N_T} a_{ij} \ln \theta_{jt}^c + \sum_{k=2}^M c_{ik} \ln \tilde{v}_{kt}^c + c_{im} \ln \widetilde{\theta_{mt}^c k_{mt}^c} + d_{ic} + e_{it} + \mu_i. \quad (11)$$

ここで  $\mu_i$  は、平均が0で分散が  $\sigma_i^2$  となる正規分布に従っていると仮定している。このように非貿易財をモデル化することで、生産シェア  $s_i^c$  の推計は貿易財（ここでは製造業）だけで行うことになり、1次同次性のために置いた  $a_{ij}^c$  に関する係数の制約も不要となる。

国固定効果と時間効果を導入することで、同時に国固有または時間固有な（システムティックな）いかなる説明変数のエラーもそこに吸収される。後述するように、国ごとの制度の違いやデータ収集の方法の違いなどが反映されていると思われるデータも実際に存在する。そうしたデータのエラーの問題は、これらの固定効果によって基本的には相当緩和されていると考えられる。

一方で、システムティックでない計測のエラーについては問題が残る。そのような計測エラーは操作変数法によって解決可能であるが、一般に適切な操作変数を探すのは容易ではない。ここではTFPのエラーについては、各国の真のTFPは相関すると仮定し、当該国を除くサンプル国のTFPの平均を操作変数として用いることで制御を試みている<sup>\*11</sup>。

データ、推計結果の説明に入る前に、この推計式(11)にもなお若干の問題が残ることは指摘しておこう。まず、この推計式では、生産性込みの非貿易財の価格がすべての国に共通する成長率を有していることを仮定している。また、貿易財の価格も小国の仮定よりそれぞれの産業にとっては外生的であると仮定されている。ここでは、推計式にはこうした弱点があることに留意しつつ、それらをひとまず横に置き、推計を進めることにする。

\*11 すなわち、 $c$  国 ( $c = 1, \dots, C$ ) の  $i$  産業における  $t$  時点での TFP インデックス  $\theta_{it}^c$  の操作変数は、 $\frac{1}{c-1} \sum_{l \neq c} \theta_{it}^l$ 。

## 4 データ

### 4.1 データの作成

■生産性の指標 国際比較可能な生産性水準の計測には、Caves et al. (1982) や Harrigan (1997b, 1999) らによる付加価値ベースの生産性指標を用いた。ここでは、付加価値  $Y$  は資本  $K$  と労働  $L$  の関数として、国  $c$  における産業  $i$  の国  $b$  (参照とする国) の産業  $i$  に対する相対的な生産性は

$$TFP_i^c = \frac{Y^c}{Y^b} \left[ \frac{\bar{L}}{L^c} \right]^{\frac{\alpha^c + \bar{\alpha}}{2}} \left[ \frac{\bar{K}}{K^c} \right]^{\frac{\beta^c + \bar{\beta}}{2}} \left[ \frac{L^b}{\bar{L}} \right]^{\frac{\alpha^b + \bar{\alpha}}{2}} \left[ \frac{K^b}{\bar{K}} \right]^{\frac{\beta^b + \bar{\beta}}{2}}, \quad (12)$$

である。ここで  $\bar{L}$  と  $\bar{K}$  は、それぞれ資本と労働のサンプル国の幾何平均である。一方、 $\alpha$  と  $\beta$  はそれぞれ労働コストと資本コストが総費用に占めるシェアを表しており、上にバーをつけたものはそれぞれのサンプル (算術) 平均である。この TFP インデックスは、superlative かつ transitive であり、式 (11) における  $\theta_j^c$  に相当する\*12。

式 (12) の TFP を計算するためには、実質付加価値、労働投入、資本投入、労働と資本への支払いが総費用に占めるシェアといったデータが必要である。これらの必要なデータは、OECD STAN データベースを中心に採った。OECD STAN データベースは、おおむね ISIC Rev.3 の 2 桁レベル (ISIC Rev.2 では 3 桁レベルに相当する) でデータが記録されているが、利用可能状況は国によって異なり、被説明変数として利用可能な製造業は 12 となった。付加価値のデータを国際的に比較可能な形とするため、OECD stat からとった機械・装備の購買力平価 (PPP) を用い、OECD STAN データベースにある米国の各産業の付加価値のデフレーターを用いて実質化した (2005 年基準)。労働投入については労働時間を用い、労働の質を人的資本ストックで調整した。資本ストックは、各産業の固定資本形成のデータを用いて推計した。データの出所も含め、これらのデータ作成の詳細については付録 B を参照されたい。

■生産要素 推計に用いた生産要素は、資本ストック、教育修了年数で分類した労働 2 種類、耕作地の計 4 種類を用意した。前節で述べた推計式に従い、耕作地をベースとして生産要素を相対化している。資本ストックは OECD STAN データベースの総固定資本形成から計算した。ただし、一部の国についてはデータが欠落しており、それらの国は代わりに EUKLEMS に掲載のデータを用いている。計算方法の詳細については付録 B を参照されたい。

\*12 この TFP インデックスは superlative かつ transitive であり、産業ごとに異時点間の比較、国際比較が可能である。このような TFP インデックスを得るためには、それぞれの国の産業  $i$  の付加価値が規模に関して収穫一定で、投入物 (ここでは労働と資本) についてトランス・ログ型の関数となっており、1 階のトランス・ログ・パラメータが国によって異なることが必要である。詳細については、Caves et al. (1982) を参照されたい。

労働賦存については、OECD STAN データベースの総雇用数を、教育修了年数によって高等教育以上を「熟練」、中等教育未満を「非熟練」として分けた。教育修了年数で区分したグループの割合は Barro and Lee (2010) から採った。これについても付録 B で詳述している。

耕地のデータは世界銀行の WDI データベースを用いた<sup>\*13</sup>。

■電力供給 電力供給については、電力供給の生産性  $\theta_m$  と電力に用いられる特殊生産要素  $k_m$  のデータが必要である。電力供給の生産性については、式 (12) を用いて計算した。理想的には、電力供給だけに限定されるべきだが、OECD STAN データベースはそこまでの細かいレベルでのデータ提供を行っていない<sup>\*14</sup> よって、ここでは電気、ガス、スチーム、温水供給の TFP を電力供給の TFP の近似として用いている。また、電力の PPP のデータが入手困難だったため、代替的に OECD stat からサービス総合の PPP を用いた。

特殊生産要素  $k_m$  については、発電容量 (the net installed capacity of electric power plants) のデータが United Nations Statistics Division の Energy Statistics Database から利用可能なため、この発電容量のデータを特殊生産要素の代理変数とした。モデルに従い、先に求めた電力供給部門の TFP をこの発電容量に乗じたものを「実効電力供給」と定義し、推計式の  $\theta_m k_m$  として用いた。

この「実効電力供給」を用いることには一つの利点があると考えられる。国によって (また年によって)、発電所の稼働率が異なる可能性があり、発電容量のデータをそのまま用いることの計測誤差が大きくなることが予想される。一方で、国ごとに長い期間の発電所稼働率のデータを収集することは困難である。また、電力産業の規制や送電の事業体制なども国ごとに違いがあると考えられ、仮に稼働率のデータが利用可能であったとしてもそれを用いただけで、より正確な発電能力となるか疑わしい。むしろ TFP は、こうした諸々の要素を反映したこの部門の総合的な生産性と考えられるので、この「実効電力供給」の考え方は、それほど悪いモデルの近似ではないだろう。

前節で述べた推計式に従い、この実効電力供給も耕地で除して相対化されている。以上のようにデータを構築した結果、OECD15 か国の 12 の製造業分野について、1990 年から 2008 年にかけてのパネルデータが利用可能となった。データの最終年は国によって少し異なる。この点を含め国や

---

\*13 代替的に相対化するための生産要素として、労働や資本なども試したが、主要な推計結果が大きく変化することはなかった。そこで、資本や労働などの標準的な生産要素を推計式に残すために、耕地を相対化のためのベースとして用いた。

\*14 もう少し厳密に言うと、いくつかの国については電力、ガス、スチーム、温水供給 (ISIC Rev.3 では 40) と上水供給 (ISIC Rev.3 では 41) のデータが分かれている。しかし、米国を含むいくつかの主要国ではそこまで分類されていない。どちらにしても 3 桁レベルでのデータ提供はなされていないので、電力供給だけを取り出すことは不可能である。したがって、利用可能なのは 40 と 41 を集計したレベルである。40 と 41 が区分可能な国について、産出や付加価値などの生産指標をみると、41 は 40 に比べて小さいものとどまっている。したがって、4041 に集計した TFP も 40 の TFP の近似としてはそれほど悪いものではないと考えられる。

産業についての詳細は付録 B を参照されたい。

## 4.2 データの概要

■産業の特化状況 表 1 は、産業の生産シェアを 1990 年と 2008 年について要約したものである。推計には用いないが製造業全体の動向を示すために、製造業の生産シェアも最下段に掲げた\*15。まず製造業全体を見ると、GDP に占める生産のシェアは、国によって一様ではないことが分かる。例えば、フィンランドと韓国は明らかな上昇傾向があるのに対し、オーストラリア、スペイン、英国、ノルウェーなどははっきりとした減少傾向にある。それ以外の国、すなわち、米国、ドイツ、日本については比較的安定して推移しているといえる。

各産業を見ると、個別産業の重要性は大きく変化していることが分かる。1990 年と 2008 年の間で、電気機器に関する生産シェアはすべての国で増加している。とりわけ、いくつかの国はこの部門での高い成長を見せている（米国やフィンランド）。逆に、繊維の生産シェアはすべての国で低下している。他の産業で多くの国で生産シェアが低下しているのは、紙製品（15 か国中 13 か国で低下）と窯業（12 か国で低下）である。それ以外の産業では、変化の方向はより多様であり、例えば、輸送機器では 10 か国で生産シェアが増加し、5 か国で低下している。

また、サンプル国は OECD 加盟の先進国であるが、その中でも国によって特化のパターンが異なることも見て取れる。例えば、日本とドイツは似通った特化パターンを持っているが（2008 年における生産シェアの上位三つの産業は、どちらも電気機器、輸送機器、一般機械である）、それらの国の特化パターンはイタリア（生産シェア上位は、金属、一般機械、繊維）やオーストラリア（生産シェアの上位は、金属、食品、紙・パルプ）の特化パターンとは異なっている。要約すると、生産シェアについては、電気機器の比重の増加と繊維の比重の低下など各国に共通する変化もあるが、生産特化パターンの国による違いはある程度維持されている。

■生産性 表 2 は相対 TFP インデックスの要約である。各産業について米国の 2005 年における TFP を 1 に標準化している。産業ごとにみると、全体的な傾向として、TFP インデックスはほとんどの産業で成長している。とりわけ、電気機器における TFP の成長は目覚ましいものとなっている。米国の例では、2005 年の TFP の水準は 1990 年のそれと比べると約 14 倍となっている。フィンランドも急速な成長を見せており、2005 の TFP の水準は 1990 年の約 6 倍となっている\*16。これとは対照的に、食品の TFP はほとんどの国で成長が鈍く、製造業全体の平均的な伸びを下

\*15 個別製造業の比重の変化を分かりやすくするために、この表は製造業全体に占める各製造業の生産シェアを示している。推計に用いるのは、各産業の生産の GDP シェアであることに注意されたい。

\*16 元のデータを観察すると、電気機器ではサンプル期間中急速な価格の下落（すなわち実質生産の上昇）が起こっており、それが高い TFP の成長の一因となっている。

回っている。

国ごとに見ていくと、(これも驚くべきことではないが)ほとんどの国がサンプル期間中多くの産業において TFP の成長を経験している。例外は日本とスペインである。日本の場合、TFP が正の成長を示したのは、電気機器と輸送機器の二つの産業に過ぎない。スペインについては、電気機器、機械、窯業の三つの産業で TFP が正の成長を示している。日本の TFP の低成長の要因は、サンプル期間の多くが 1990 年代のバブル崩壊後の長期不況と重なるためであろう。

これらの TFP の計測値にはまったく問題がないわけではなく、例えば、1990 年の日本や米国の電気機器における TFP は他の国と比較したときに低過ぎるように見える。おそらくはエラーが含まれていると思われるが、先述したようにこうしたエラーの問題は、国固定効果や操作変数法によりある程度緩和されているであろう。

■生産要素の賦存 表 3 は、それぞれの国の生産要素の賦存状況をまとめたもので、2005 年時点の水準と 1990 年から 2005 年にかけての平均成長率(年率)を示している。フィンランドと日本を除くすべての国で労働者の数は増加している(フィンランドと日本についてはマイナスの成長となっている)\*<sup>17</sup> 世代交代が進むことを踏まえれば、ごく自然であるが、多くの国で、熟練(教育水準の高い)労働の割合は増加し、非熟練(教育水準が高くない)労働の割合は減少する傾向にある。米国を除くすべての国で熟練労働の成長率は非熟練労働のそれより高く、その結果、熟練労働が労働全体に占める割合も増加している。

Harrigan (1997b), が指摘したように、熟練、非熟練を教育年数で分類することには、全く問題がないわけではないことも付け加えておこう。それはここで用いたデータでも観察される。例えば、いくつかの欧州の国では他の国に比べ熟練労働の割合が低くなっている。2005 年の日本の熟練労働の割合が約 40 % であるのに対しドイツにおけるそれは 20 % に満たないものになっているが、それをもって日本はドイツより熟練労働が相対的に豊富な国であると断ずるのは無理があるだろう。これらの数字には両国の教育システムの違いが反映されていると考えられる。ただし、推計では国固定効果によりそのような問題は緩和されているはずで、推計結果にはさほど大きな影響は与えていないと考えられる\*<sup>18</sup>。

労働者一人当たりの資本ストック(資本装備率)は、表の 5 列目に示されている。オーストラリアを除くすべての国で資本装備率は増加している。韓国の資本装備率の伸びはサンプル国中最も高く、それに英国や米国が続いている。労働者一人当たり耕地については、ほとんどの国で減少する

\*<sup>17</sup> ここでは省略したが、1995 年から 2005 年にかけての平均年成長率は日本が-0.42% であったほかは、すべての国でプラスである。

\*<sup>18</sup> 教育年数によって労働を分類するのではなく、業務の種類によって労働を分類することも行われている。生産活動に従事する労働と非生産活動に従事する労働などの分類はその例だが、非生産活動に従事する労働の全員が高い労働とも限らないのでこのような分類にも欠点はある。

傾向にある。水準では、オーストラリア、カナダ、米国が最も高い三か国である。表1に見られるように、これらの三か国は、製造業の中でも食品の比重が比較的高くなっており、部分的にはこの高い耕地比率を反映したものと考えられる。

■電力供給 表4は、電力供給に関するデータを要約したものである。2005年の労働者一人当たりの発電容量では、ノルウェーとカナダが高い。日本の労働者一人当たりの発電容量は4.12キロワット(kW)で、これはサンプル平均の4.87kWより少し低い値になっている。また、ほとんどの国で、発電容量の成長は労働の成長を上回っているが、資本ストックの成長よりは低いものとなっている。

この部門の生産性については、製造業と同様、2005年の米国のTFPが1に標準化されている。1990年時点で米国より高い水準のTFPを示しているのはオランダだけであるが、2005年になるといくつかの国が米国を上回る水準のTFPを示している。特にオーストリアとノルウェーのTFPの成長は高い。日本のTFPの水準は2005年で米国のおよそ70%程度となっており、これはオーストラリアを除けば最も低い水準である。

日本の電力供給におけるもう一つの特徴は、日本の電力供給産業における資本ストックの割合が高いことである。表4の9列目は、2005年における資本ストック全体に占める電力供給産業(正確には電力、ガス、水道供給)の資本ストックの割合を示している。日本は約9.2%で、これはサンプル国中(平均すると約4.05%)の最も高い値である<sup>\*19</sup>。一般にこの部門における資本集約度は高い。日本のこの部門のTFP指標が低めになるのは、この部門の資本のシェアが高いこととも関係していると思われる。

## 5 推計結果

### 5.1 基本結果：長期的な影響

式(11)の誤差項は、産業相互に依存している可能性がある。したがって、ここでは iterative seemingly unrelated regressions (ISUR) を用いて推計を行った。また、TFP指標については、計測誤差を考慮して、産業*i*の国*c*における年*t*のTFPに対して、それ以外のサンプル国の同年の産業*i*のTFPの平均を操作変数として用いている。推計の結果は、表5にまとめられている。被説明変数は、それぞれの産業のGDPに占める付加価値(生産)のシェア(パーセント表示)である。説明変数は、各々の産業のTFP指標、要素賦存、実効発電供給となっており、すべて対数をとっている。したがって、係数は弾性値に準ずるものとなっており、説明変数の係数が0.1であ

<sup>\*19</sup> サンプル期間中の平均でみて、米国の製造業全体における資本・労働比率(資本装備率)を1とすると、電力、ガス、水道供給部門の資本・労働比率は米国では10.4、日本では14.8、ドイツでは5.9となった。

れば、それは当該説明変数の 10% の増加は、生産シェアを 0.01 パーセント・ポイント押し上げることを意味する。すべての推計式に国固定効果と時間固定効果が含まれているが、スペースの節約のため結果は省略されている。

まず、産業自身の TFP については、すべての産業で係数が正で統計的に有意となった。最も係数が高かったのは、電気機器で、2.633 である。これは、この産業における 10 パーセントの TFP の上昇は、生産シェアを 0.26 パーセント・ポイント押し上げることを意味する。他に比較的高い係数を示した産業は、金属 (1.713)、食品 (1.43)、輸送機器 (1.160) などとなっている。逆に、係数が低いのは木製品 (0.189)、窯業 (0.356)、ゴム (0.625)、繊維 (0.744) である。例えば木製品では、10% の TFP の上昇は生産シェアを 0.02 パーセント・ポイント押し上げるに過ぎない。

TFP の産業間でのクロス効果は、結果の解釈がより難しくなる。しかし、表からは機械の TFP の上昇が、木製品、金属、電気機器、輸送機器、その他の製造業など、比較的多くの産業で生産シェアに正の影響を持っていることが分かる。電気機器の TFP も窯業、金属、機械、輸送機器、その他の製造業など割合と広い範囲で他の産業の生産シェアに正の影響を与えている。これらの結果は、前方連関を通じた部門間の生産性の補完性を示している可能性がある。

次に要素賦存に移ろう。ここでの生産要素は 2 種類の労働（非熟練と熟練）と資本ストックである。非熟練労働については、窯業とその他の製造業の二つだけが正で有意な係数を得た。食品、化学、ゴム、電気機器、輸送機器といった他の産業では、非熟練労働の増加は生産シェアを引き下げる結果となっている。前節で示したように、米国を除くすべてのサンプル国で熟練労働の数は増加しており、また、デンマークと米国を除くすべての国で、熟練労働の増加は非熟練労働のそれを上回っている。熟練労働の係数は、熟練労働の増加が電気機器、金属、機械の生産シェアの増加に貢献していることを示しており、1% 水準で統計的に有意である。

資本ストックについては、食品、紙製品において係数が正で有意である。化学も係数は正だが、統計的に有意ではない。逆に、繊維、ゴム、窯業、金属、機械、その他製造業における係数は、負で 1% 水準または 5% 水準で有意である。全体の傾向として、資本ストックの増加は多くの製造業で生産シェアの増加にさほど貢献しない。考えられる説明のひとつとして、いくつかのサービス産業が高度に資本集約的であることが関係しているかもしれない。たとえば、ISIC Rev.3 で 70 から 74 に属するサービス産業（不動産から機材レンタルサービスを含む）は、製造業全般よりはるかに資本装備率が高い。<sup>\*20</sup>。

---

<sup>\*20</sup> 不動産・機材レンタルサービスとは次の産業を含んでいる。不動産 (70)、機材レンタル (71)、コンピュータ及び関連業務 (72)、研究開発 (73)、その他のビジネス活動 (74)。OECD STAN データベースは、固定資産形成のデータをこの産業分類レベルですべての国について提供していないので、ここでは 70 から 74 までの産業を集計した 7074 という分類で資本ストックを計算した。計算の結果、例えば、米国ではこの 70 から 74 に属する部門の資本装備率は、サンプル期間中の平均で製造業平均の約 4.2 倍となっており、日本では 3.8 倍、ドイツでは 6.4 倍となった（他

表5最終行の「電力」は、実効電力供給の影響である。係数が正で有意な産業もあれば、負で有意となっている産業もある。最も高い係数を示しているのは電気機器で、係数は10%の実効電力供給の増加は他の要件を一定として生産シェアを0.12パーセント・ポイント上昇させることを示している。次に高いのは、輸送機器で0.654となっている。一般機械、化学、紙・パルプにおける係数は同じような大きさで約0.3、金属については0.273となっている。負の係数は、繊維(-0.202)とガラス・窯業(-0.162)である。また、有意ではないが食品や木製品も係数は負となっている。

以上の結果を要約すると、第一にすべての部門において、産業自身のTFPの上昇は(他の要件を一定として)その産業の生産シェアを押し上げる。これは産業や貿易の特化パターンに生産性が影響を及ぼすとするリカード・モデルと整合的な結果である。第二にすべての部門において、(10%水準まで許容すれば)いずれかの生産要素については賦存量の変化が生産シェアに影響を与える。これは産業や貿易の特化パターンの決定にヘクシャー・オリーン的な要素が関わっていることを示している。第三に、実効電力供給の変化も産業や貿易の特化パターンに影響を与えている。

係数のサイズを見ると、一般に産業自身のTFPの影響の方が生産要素の賦存の変化や実効電力供給の変化が与える影響に比べて大きい(電気機器において未熟練労働の係数の大きさがTFPの係数の大きさを上回っているのが唯一の例外)。これは、産業の特化においては技術の違いに基づくリカード的な要素の方が、生産要素賦存の違いに基づくヘクシャー・オリーン的な要素より大きな影響を持つことを示唆している。サンプル国がOECD加盟国であることを踏まえれば、これはごく自然な結果と言えるかもしれない。さらにこの結果は、本稿とは異なるアプローチで、生産要素賦存状況が大きく異なる国間の貿易では生産要素賦存の違いの説明力は高いが、資本が豊かな国間の貿易ではリカード的な技術の違いがより重要であることを示したLai and Zhu (2007)の結果と整合的であるといえる\*<sup>21</sup>

実効電力供給については、生産シェアに与える影響は産業によって一様ではない。また後の節でも検証するが、実効電力供給の変化のインパクトは他の説明変数と比べても決して無視しえるほど小さなものではない。館・落合(2011)らは、すべての原子力発電が火力発電に置き換えられたと仮定して、産業別の粗生産額の変化率を試算しているが、それによると日本全体では、化学、鉄鋼、

---

の産業の資本装備率の計算結果も筆者より利用可能である)。

\*<sup>21</sup> 貿易理論の実証研究では、リカード的な要素とヘクシャー・オリーン的な要素の双方が生産や貿易特化のパターンに影響を与えていることはかねてから指摘されていた(例えばHarrigan (1997b))。しかし、これまでの先行実証研究ではヘクシャー・オリーン・モデルに関するものが圧倒的に多く(Trefler (1995)、Davis and Weinstein (2001)、Debaere (2003)など)、リカード・モデルとヘクシャー・オリーン・モデルの双方をテストしたものは、近年増えつつあるがまだ少ない。Morrow (2010)はヘクシャー・オリーン・モデルとリカード・モデルを融合させたモデルを提示して熟練労働と未熟練労働の2種類の生産要素について先進国と途上国の両方を含む20か国のサンプルを用いて実証を行い、ヘクシャー・オリーン的な要素の方がリカード的な要素より貿易パターンの決定には重要であることを示している。

非鉄金属を含め多くの製造業で粗生産額の変化率は正となっている\*22。一方、徳井他 (2012) は、原子力発電から火力発電への代替に伴う電力価格の上昇は、化学、鉄鋼、非鉄金属などの素材型産業と電子部品の生産に比較的大きな負の影響があるとしている。ここでの結果は、どちらかと言えば徳井他 (2012) の方に近く、実効電力供給は化学や金属（鉄鋼も非鉄金属も含んでいる）については正で有意な係数となっている。しかし、同程度かそれ以上に大きな影響が機械、電気機器、輸送機器といった産業にも及んでいる点で異なっている。

このような結果の違いは大きな意味を持つと考えられる。推計に用いた各国の産業レベルの TFP 指標は、その計算及び推計における扱いには注意を払っているが、データの国際比較を行っているため制御しがたい誤差が生じている可能性があり、それが推計結果を左右しているかもしれない。頑健性を確かめるために、TFP 指標を用いない推計も行い、結果が TFP により生じているものではないことを確認する。推計は産業毎なので、国固定効果はサンプル期間中に変化のない国-産業固有の違いを、時間固定効果は産業-年固有の国横断的な変化を捉えることができる。したがって、直接の TFP 指標を用いずとも製造業の技術変化も相当程度制御できる可能性がある。結果は表 6 に示されている。特に関心があるのは電力の係数だが、繊維で有意性が低下しているものの、TFP 指標を入れた場合の結果と比べて大きな食い違いは見られない。したがって、表 5 に示された結果は、必ずしも TFP 指標に大きく依存しているわけではないことが分かる。

## 5.2 ダイナミック・パネル推計：短期の影響

前節の推計は、生産要素が部門間を摩擦なく自由に移動するという仮定に則ったものである。この仮定を緩めるひとつの方法は、下のように被説明変数の 1 期ラグ項を説明変数に加え推計を行うことである。

$$s_{it}^c = a_{it} + \gamma_i s_{i,t-1}^c + \sum_{j=1}^{N_T} a_{ij} \ln \theta_{jt}^c + \sum_{k=2}^M c_{ik} \ln \tilde{v}_{kt}^c + c_{im} \ln \theta_{mt}^c \widetilde{k}_{mt}^c + d_{ic} + e_{it} + \mu_i. \quad (13)$$

この式では、 $t$  期の生産シェアを説明に  $t-1$  期の生産シェアを用いることになるが、生産シェアが 1 年で大きく変わることは考えにくいので、この 1 期ラグ項が被説明変数の変動のかなりの部分を説明することが予想される。また、1 期ラグ項以外の説明変数の係数は短期的な効果と解釈することができ、長期的な影響は係数に  $1/(1-\gamma_i)$  を乗じることで得られる。

前節の推計で仮定した TFP のクロス効果の対称性を維持すると、 $\gamma_i$  も産業に共通となる。ここではまずこの仮定を維持しつつ、式 (13) の階差をとって、生産シェアの 2 期ラグ  $s_{i,t-2}^c$  を 1 期ラグ項の差分  $\Delta s_{i,t-1}^c = s_{i,t-1}^c - s_{i,t-2}^c$  の操作変数として用いた\*23。

\*22 館・落合 (2011) では、むしろ非製造業部門において粗生産額の変化率が負となっている。

\*23 つまり 1 期ラグ項の扱いは Anderson and Hsiao 推計だが、各産業の推計式全体をシステムとして誤差項の相互依

推計結果は表7のとおりである。予想されたように、被説明変数の1期ラグ項は0.556と比較的大きく、かつ統計的に有意な係数を示している。一方、その他の説明変数についてはいくつかの興味深い点が観察される。まず第一に、この推計でもすべての産業においてTFPのその産業自身への効果は正で有意であるという特徴は維持されているが、表5と比べて、係数の大きさもあまり変化していない。食品、木製品、窯業、金属、輸送機器、その他製造業では幾分上昇、繊維、紙製品化学、ゴム、機械などでは幾分低下する結果となっている。例外的に、電気機器だけは2.63から1.24へと大きく低下した\*<sup>24</sup>。第二に、TFPのクロス効果は全般に統計的に有意なものが観察されにくくなっている。例えば、機械は表5では木製品、化学、金属、電気機器、輸送機器、その他製造業と6つの産業で有意な係数(5%水準以上)が見られたが、ここでは繊維とその他製造業の2つだけである。第三に、生産要素と電力では係数の有意性が失われるものが多く、かりに有意であっても係数の大きさが小さくなっている。未熟練労働で係数が有意なのは窯業、電気機器、その他製造業だけで、係数の大きさも小さくなっている。熟練労働で係数が有意なのは電気機器と輸送機器であるが、いずれも10%水準の有意性に過ぎない。資本ではその他製造業が5%水準で有意であるが係数の大きさは半減している。繊維の有意水準も10%で、これら二つの産業以外はいずれも係数が0であることを棄却できない。実効電力供給についても、殆どの産業で有意でなくなり窯業の係数が5%水準で有意なだけである。

これらの結果が示唆するのは、労働や資本ストック、電力供給の変化は、産業特化の構造に短期的には大きな影響を及ぼさないということである。しかし、ある程度の長い時間を経て調整が進めば、労働や資本ストックの部門間再配分を通じて産業構造は変化する。電力供給の影響も産業構造の変化という観点からはより長期的なものである。興味深いことに、生産要素の中でも未熟練労働の係数は(サイズは小さくなるが)、熟練労働や資本などに比べるとより多くの産業で統計的に有意であった。これは未熟練労働の調整速度が他の生産要素に比べて速いことを反映したものであるかもしれない。一方で、TFPの効果は他産業への影響という意味では弱くなったが、その産業自身への影響という点では短期の推計も長期の推計と比べて係数がそれほど大きく変化せず、生産要素や電力供給とは異なる結果となった。TFPの変化はその産業の生産シェアには比較的短い時間で影響を及ぼすということであり、これももっともらしい結果である。

以上の推計では、TFPのクロス効果が対称であると仮定し、その結果として1期ラグ項の係数も全ての産業に共通という制約を設けていた。1期ラグ項の係数は調整速度を表しており、それがすべての産業に共通というのやや強い制約に思われる。そこで、こうした制約を外して

---

存を許容するISURの下で推計を行っている。Anderson and Hsiao 推計についてはBaltagi (2008)を参照した。

\*<sup>24</sup> 食品(1.430 → 1.729)、繊維(0.744 → 0.518)、木製品(0.189 → 0.249)、紙製品(1.303 → 1.288)、化学(1.285 → 1.193)、ゴム(0.625 → 0.580)、窯業(0.356 → 0.387)、金属(1.713 → 1.736)、機械(1.307 → 1.216)、電気機器(2.633 → 1.240)、輸送機器(1.160 → 1.303)、その他(0.425 → 0.455)。

それぞれの産業を個別にパネル推計を行い、結果の頑健性を確かめることとしたい。ここでは、Arellano-Bond 推計を用いた。推計の結果は、表 8 のとおりである。TFP の産業自身への効果から見ていくと、すべての産業で正で有意だが、係数の値は小さくなっている。クロス効果が観察されにくくなっているのは先の推計結果と同様である。

生産要素と電力に関しては、先の推計より、有意な結果が部分的に増えている。未熟練労働では、窯業、電気機器、その他製造業に加え、化学、ゴム、輸送機器において統計的有意となっている。しかし、熟練労働では窯業が正で有意となったが、電気機器や輸送機器での有意性はなくなっている。しかし、先の推計でも有意性水準は低かったので、大きな違いはないとも言える。資本は、木製品、窯業、機械、その他製造業の係数が有意となっている。表 5 の長期の結果に比べると、木製品が統計的に有意になった点は異なるが、係数の値が一般に小さくなって、有意な産業が少なくなるという基本的な特徴はここでも保たれている。

実効電力容量の係数についても、有意性と係数の低下が起こっている。ただし、制約付のダイナミック・パネル推計よりは係数が有意な産業が多い。ここでは、食品、紙製品、窯業、輸送機器、その他製造業の 5 つの産業が 5% 水準ないし 1% 水準で統計的に有意で、熟練労働より有意な産業は増えている。この推計では、熟練労働に関しては係数が統計的に有意な産業は少ないが、未熟練労働、資本、電力についてはそれよりは多くの産業で有意であることが示されている。このような違いは、やはり調整速度の違いを表していると考えられ、資本や電力に関しては、熟練労働より調整が容易であることが示唆される。

### 5.3 推計の含意

前節の推計結果は、実効電力供給へのショックが長期的な産業特化に影響を与えることを示している。その規模は、TFP のショックがその産業自身に与える影響より小さいものの、総じて労働や資本ストックなどの生産要素賦存のショックによる影響と遜色ないものであることも分かった。現在、日本では原子力発電所の運転停止に伴い火力発電への代替が進んでおり、発電コストの上昇が懸念されている。また、再生可能エネルギーの利用拡大が期待されているが、現在は発電費用が高く、普及にもまだ時間がかかると思われる。発電方式の変更がどの程度の発電費用上昇につながるのかは本稿の範囲を超えているので、ここでは、単純に（火力発電への代替などにより）電力の供給費用が上昇するとして、その影響の大きさを考えてみたい。

ここで用いたモデルでは、電力の供給費用上昇は生産性の下落と同じであり、実効電力供給を引き下げを意味する。実効電力供給 1% の低下が実際にはどの程度の発電コスト上昇と同等なのかを測定することは容易ではない。ここで用いた単純なモデルでは、10% の生産費用の上昇は、10% の生産性の低下と同じことであり、実効電力供給も 10% 下落する。一方、電力会社の財務諸表デー

タなどを用いた徳井他 (2012) では、日本においてすべての原子力発電を火力発電に置き換えたときの電力価格の変化は、10% の下落から 25% の上昇と地域によってばらつきがあると試算している。また、舘・落合 (2011) の試算も、地域によって価格変化は異なり、全国平均で約 18% の上昇としている。したがって、ここでは、単純に実効発電容量が 10% 下落するときの影響を見ることにする\*25。

最初に、表 5 の「電力」の係数を用いて実効電力供給の低下が産業特化に与える影響を見てみよう。係数からは生産シェアの変化を直接読むこともできるが、変化をより分かりやすくするために、それぞれの産業における日本の生産シェアからサンプル国平均シェアを差し引いたものを「相対生産シェア」として、10% の実効電力供給の低下がどのような影響を及ぼすかを示した (図 1)。標準的な貿易モデルが想定するようにすべての国がホモセティックで同一な選好を有しているとすると、この「相対生産シェア」は比較優位を簡単に表しているとも言える。

図 1 は 2005 年の実際のデータをもとにしたものであり、産業は日本の「相対生産シェア」が高い順に左から並んでいる。正の値をとっている産業は、日本の生産シェアがサンプル国平均より高く、日本がその産業の生産や貿易により特化していることを意味している。日本が平均より高い生産シェアを有している上位の産業は、電気機器 (30-33)、一般機械 (29)、輸送機器 (34-35) である。逆に、平均より低い産業は、その他の製造業 (36-37) を除けば、紙製品 (21-22)、繊維 (17-19)、木製品 (20) である。非常に簡単な手法であるが、この図は日本の比較優位構造をうまく捉えているといえる\*26。それぞれの産業の右側の棒グラフは、実効電力供給が 10% 下落したときの「相対生産シェア」を表している。

一見すると、実際の 2005 年の棒グラフと仮想的に実効電力供給を 10% 低下させたときのグラフはそれほど違っておらず、総じて 10% の実効発電容量の低下の影響はさほど大きなものではないように見える。しかし、よく見ると、日本が生産に特化している上位三つの産業について負の影響があり、さらに日本の比較優位の限界にある化学 (24) は、比較劣位に転じている。また、比較劣位にある繊維 (17-19) などで「相対生産シェア」が増加している。このように、実効電力供給の低下は、日本の比較優位を弱める方向に働く可能性がある。ただし、ダイナミック・パネル推計でも明らかになったように、こうした変化も長期的なものと考えられ、短期的には殆ど変化がない

\*25 こうした試算で地域により価格変化に大きな違いが出るのは、電力会社によって原子力発電への依存が異なることが一因となっている。政府が示した試算では、総合資源エネルギー調査会が 2004 年に明らかにしたものがある。ここでは、設備の運転年数、利用率、割引率などによりいくつかの数値を示されているが、大まかにいえば原子力は石炭火力や LNG 火力と同程度だが、一般水力より少し安価で、石油火力より大幅にもの安価といった数値になっている (例えば、割引率 2%、利用率 70% の場合、原子力は 1kWh 当たり 8.1 円、石炭火力と LNG 火力がそれぞれ 7.8 円と 7.9 円、石油火力が 12.9 円、水力が 10.6 円である。ただし水力については利用率 45% とされている)。

\*26 図では食品 (1516) もまた相対的に高い生産性シェアを示しており、そのまま解釈すれば日本はこの部門にも比較優位を持っていることになる。しかし、ここで用いたサンプル国が先進国であることにも留意されたい。

か、あっても非常に小さなものと考えられる。

次に生産の弾力性の面から評価してみよう。表 9 は、やはり表 5 の結果を用いて、2000 年から 2007 年にかけての平均的な産業自身の TFP に関する生産の弾力性と 実効発電容量の生産弾力性を示している。弾力性の大きさを比べると、多くの産業で実効電力供給の生産弾力性は、産業自身の TFP による弾力性の半分以下となっている。例えば、電気機器では、自身の TFP の生産弾力性は約 1.5 だが、実効電力供給に関するそれは約 0.7 となっている。電気機器は、実効電力供給の生産弾力性が比較的大きい産業であり、他の産業はさらに小さく、例えば、輸送機器で約 0.35、機械では約 0.18 となっている。つまり、実効電力供給の 10 % の低下は、(すべての調整が終わる長期的には) 輸送機器の生産を約 3.5 % 下げ、一般機械の生産を約 1.8 % 下げるということになる。

これらの弾力値は、実効電力供給の低下が生産に与える影響は決して小さなものではないことを示している。特に表 2 で示したように、近年の日本の産業の TFP の伸びははかばかしいものではなく、製造業全体で 1990 年から 2005 年にかけての TFP 平均成長率は年率で 1% にも満たないものであった。したがって、産業自身の TFP の上昇がその産業の生産を押し上げる効果は実効発電容量が産業の生産を押し上げる効果の 2 倍以上のものがあるといっても、10% の実効発電容量の低下による負の影響をそれぞれの産業の TFP の改善で補うのは容易なことではないと思われる。ただし、これらは長期的な影響を見ていることに留意されたい。表 7 や表 8 から推測されるように、実効電力供給の生産弾力性は短期でははるかに小さなものになる一方、産業自身の TFP の影響は短期でも比較的效果が残ると思われる。

## 6 結語

現在、日本が直面している厳しい電力供給状況（すなわち原子力発電の停止と火力発電への代替に伴う発電コストの上昇のおそれ）を踏まえ、本稿は電力の供給制約が製造業部門の生産にどのような影響を与えるかを評価した。本稿が行った産業パネル推計から得られた結果を要約すると、以下のとおりである。

- 生産性を加味した実効電力供給の変化が各産業の生産が GDP に占めるシェアに与える長期的な影響は、産業により様々であり、推計した 12 の製造業のうち、7 の部門で生産シェアと正の相関が見られた。また、その大きさも産業自身の TFP が生産に与える影響に比べれば小さいが、無視し得るほどに小さいとまでは言い切れない。例えば、実効電力供給の低下は電気機器、輸送機器、一般機器など、他の先進諸国と比べても日本では GDP に占めるシェアが高くなっている産業の生産シェアを下げる。これは日本が現在持つ比較優位がいく分弱まることを意味している。

- 産業自身の TFP の変化が生産シェアに与える影響は、生産要素賦存の賦存や実効電力供給の変化が与える影響より大きい。このことは生産や貿易の特化においては、ヘクシャー・オリーンの要素よりもリカード的な要素の方がより強く働くことを示唆している。
- 実効電力供給の生産弾力性は産業自身の TFP の生産弾力性より小さく、多くの産業で半分から三分の一以下となっている。しかし、実効電力供給の低下幅が大きいと、その負の影響を産業自身の TFP の改善で補うのはそれほど簡単ではないと考えられる。特に近年の日本の産業における TFP の成長は他の OECD 諸国と比べて見劣りがするものであった。このような状況を踏まえると、推計結果は、日本が直面する電力供給の制約が仮に大きいものだとすれば、産業の生産に与える負の影響はやはり懸念されるべき問題であることを示している。
- しかし、被説明変数の 1 期ラグを説明変数に加えたダイナミック・パネル推計では、生産要素や実効発電供給の係数は多くの産業で小さくなるか統計的な有意性が低下した。したがって、実効発電供給の変化の影響も資本や労働といった生産要素の賦存量の変化の影響と同様に、どちらかと言えば長期的なものと考えられる。一方で、TFP の変化が産業の生産に与える影響は短期でも比較的良好に現れた。こうした効果の現出に要する時間の違いを考えると、産業の TFP が継続的に改善されれば、実効電力供給低下の影響が大きく出ないままで推移することも十分あり得ると思われる。

既存の研究と比較すると、本稿は国横断的な産業パネルデータを推計していることが特徴となっている。第一に、ここでの分析は、OECD 加盟国の産業特化における比較的長期的な傾向を捉えようとしている点でより一般的なものとなっている。第二に、シンプルな新古典派的モデルではあるが、推計は経済モデルに根差したものになっている。各産業の生産性や標準的な生産要素の賦存の変化制御した上で電力供給の影響を見ようとしている。結果の経済学的な解釈も比較的容易である。第三に、パネルデータを用いているため、長期的な影響と短期的な影響の両方を見ることができると、分析に柔軟性を持たせている。これにより、例えば、電力供給の影響がどちらかと言えば長期的なものであるのに対し、産業の生産性は短期でも影響が出やすいことを明らかにしている。

しかし、本稿にももちろんいくつかの課題が残されている。まず、推計の背後にある経済モデルは小国の仮定を用いているが、サンプル国の実態にかんがみれば、いくつかの国については、必ずしも最良の仮定とは言い切れない。よって、価格の変動についての制御は十分なものではない可能性がある。分析が産業レベルであることもサンプル数を限定しているという問題もある。企業レベルでのパネルデータが利用できれば、より詳細で興味深い分析が可能となるだろう。またきめ細か

な政策立案にも役立つと思われる。何より本稿で分析できなかったのは、現在考えられている電力市場の自由化や技術の導入がどの程度の電力供給制約の緩和に役立つのかという点である。これらの点は将来の研究課題である。

## 参考文献

- Baltagi, Badi H. (2008) *Econometric Analysis of Panel Data*, Chichester, UK: John Wiley & Sons, 4th edition. .
- Barro, Robert J. and Jong-Wha Lee (2010) “A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950–2010,” *NBER Working Paper*, Vol. 15902.
- Caliendo, Lorenzo and Fernando Parro (2009) “Estimates of the Trade and Welfare Effects of NAFTA,” *mimeo*.
- Caselli, Francesco (2005) “Accounting for Cross-country Income Differences,” in Aghion, Philippe and Steven N. Durlauf eds. *Handbook of Economic Growth*, Vol. 1A, pp. 679–741: Elsevier B.V.
- Caves, Douglas W., Laurits R. Chirittensen, and Erwin W. Diewert (1982) “Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers,” *Economic Journal*, Vol. 92, pp. 73–86.
- Davis, Donald R. and David E. Weinstein (2001) “An Account of Global Factor Trade,” *American Economic Review*, Vol. 91, No. 5, pp. 1423–1453, December.
- Debaere, Peter (2003) “Relative Factor Abundance and Trade,” *Journal of Political Economy*, Vol. 111, No. 3, pp. 589–610.
- Dixit, Avinash and Victor D. Norman (1980) *Theory of International Trade*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Harrigan, James (1997a) “Cross-country Comparisons of Industry Total Factor Productivity: Theory and Evidence,” *Federal Reserve Bank of New York Research Paper*, Vol. 9734.
- (1997b) “Technology, Factor Supplies, and International Specialization: Estimating the Neoclassical Model,” *American Economic Review*, Vol. 87, No. 4, pp. 475–494.
- (1999) “Estimation of Cross-Country Differences in Industry Production Functions,” *Journal of International Economics*, Vol. 47, No. 2, pp. 267–293.
- Ju, Jiandong, Susan Chun Zhu, Wei-Chih Chen, and Kevin Crier (2011) “Financial Development and Production Structure,” *mimeo*.
- Kee, Hiau Looi, Alessandro Nicita, and Marcelo Olarreaga (2008) “Import Demand Elasticities and Trade Distortions,” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 90, No. 4, pp. 666–682.
- Kohli, Ulrich (1991) *Technology, Duality, and Foreign Trade*, Ann Arbor, Michigan: University of Michigan Press.
- Lai, Huiwen and Susan Chun Zhu (2007) “Technology, Endowments, and the Factor Content of Bilateral Trade,” *Journal of International Economics*, Vol. 71, pp. 389–409.
- Morrow, Peter M. (2010) “Ricardian-Heckscher-Ohlin Comparative Advantage: Theory and Evidence,” *Journal of International Economics*, Vol. 82, pp. 137–151.
- Trefler, Daniel (1995) “The Case of the Missing Trade and Other Mysteries,” *American Economic Review*, Vol. 85, No. 5, pp. 1029–1046.
- 館祐太・落合勝昭 (2011) 「原子力発電全停止による地域・産業別影響の試算」, *JCER Discussion Paper*, 第 132 号.
- 徳井丞次・荒井信幸・川崎一泰・宮川努・深尾京司・新井園枝・枝村一磨・児玉直美・野口尚洋 (2012) 「東日本大震災の経済的影響：過去の災害との比較、サプライチェーンの寸断効果、電力供給制約の影響」, *RIETI Policy Discussion Paper*, 12-P-004.

表1 生産シェア (%)

産業	年	AUS*	AUT	BEL	CAN*	DEU	DNK	ESP	FIN	GBR*	ITA	JPN	KOR	NLD	NOR*	USA
食品	1990	18.62	11.89	14.31	16.31	8.55	20.96	16.58	9.70	14.10	9.55	13.94	11.80	17.81	16.85	15.62
	2008	18.42	10.25	15.23	13.17	6.53	14.80	14.03	6.16	14.53	10.13	10.97	4.51	17.81	15.29	10.14
繊維	1990	6.76	6.66	5.67	5.32	3.86	4.12	7.89	5.65	6.05	14.38	6.25	18.52	2.89	1.80	5.05
	2008	2.65	2.52	4.50	2.47	1.71	1.65	4.66	1.32	2.78	10.86	1.69	4.35	1.61	1.43	2.00
木製品	1990	3.80	5.24	1.33	5.20	1.34	2.06	2.47	4.83	2.02	2.46	1.90	0.94	1.57	4.62	3.95
	2008	3.80	4.41	1.82	6.43	1.30	2.32	2.25	3.44	1.89	2.37	0.66	0.44	1.59	4.08	1.90
紙製品	1990	15.64	8.01	7.15	16.89	7.16	10.36	8.79	26.23	14.39	6.19	11.24	6.24	13.69	14.46	16.01
	2008	13.11	8.14	8.01	15.64	6.54	7.76	8.65	14.55	12.84	6.08	6.61	3.97	10.59	11.45	13.31
化学	1990	9.90	4.98	13.94	7.51	9.11	5.56	9.20	8.12	7.70	6.82	7.22	8.74	11.94	11.33	15.50
	2008	7.39	8.30	18.89	7.21	10.64	14.17	9.50	5.95	11.31	6.92	7.07	8.25	16.34	11.03	9.67
ゴム	1990	4.17	3.37	2.74	3.50	4.41	6.07	3.42	4.96	5.05	3.55	5.15	6.74	2.96	2.28	4.07
	2008	3.42	3.42	4.95	4.93	5.17	4.79	4.35	3.07	5.16	3.82	4.30	4.77	3.03	1.82	3.06
窯業	1990	3.13	8.10	5.95	3.21	3.35	5.08	7.01	5.73	3.73	6.10	4.16	6.19	4.10	3.95	3.66
	2008	4.80	5.54	5.07	3.13	3.00	3.85	7.70	2.95	3.66	5.55	2.98	3.35	3.25	4.12	2.08
金属	1990	17.86	18.03	16.86	12.88	14.77	11.84	15.61	13.65	12.67	13.41	18.19	20.66	11.83	13.26	15.31
	2008	19.55	16.12	15.47	14.29	13.59	11.40	16.82	12.24	11.00	17.64	10.15	13.24	12.39	12.26	9.53
一般機械	1990	4.93	12.16	7.62	6.11	16.10	17.75	4.96	16.41	9.92	12.00	13.33	7.21	8.01	8.50	11.40
	2008	5.93	14.12	6.81	7.09	16.22	16.33	7.68	13.61	9.02	14.32	12.65	9.83	9.23	11.69	6.95
電気機器	1990	2.93	9.50	6.12	4.52	11.67	5.69	4.34	3.81	7.73	7.99	6.08	6.56	5.90	5.48	1.91
	2008	5.48	11.91	6.64	5.21	16.85	16.51	6.15	32.18	10.95	10.54	21.12	28.41	6.27	9.13	18.62
輸送機器	1990	5.44	4.70	7.51	11.28	12.59	3.73	9.97	6.19	10.07	7.87	10.22	10.06	4.05	13.13	15.01
	2008	8.55	8.30	6.14	13.24	16.10	1.89	10.83	2.71	11.27	5.68	14.70	15.51	5.53	14.48	11.31
その他	1990	3.58	5.73	3.86	4.43	3.29	8.13	5.25	4.08	4.84	5.13	3.09	5.93	8.49	2.97	7.01
	2008	3.90	5.58	2.85	5.07	2.67	5.28	4.92	1.74	4.52	4.97	2.02	1.50	7.18	3.98	6.04
製造業	1990	13.51	16.10	17.49	14.84	21.40	16.34	14.66	14.84	15.17	19.47	18.91	17.68	12.48	13.75	12.25
	2008	9.79	18.57	15.89	14.00	20.31	14.39	11.92	26.55	10.89	17.90	20.61	31.47	11.54	9.17	13.31

(備考) 表中の産業名は略称である。ISIC Rev.3のコードと省略していない名称については表10を参照されたい。\*を付した国については2008年のデータが利用できない。英国とノルウェーは2007年、カナダは2006年、オーストラリアは2005年のデータである。各産業については製造業に占める付加価値シェア。(出所) OECD STAN データベースより筆者作成。

表2 1990年と2005年の全要素生産性 (TFP)

産業	年	AUS	AUT	BEL	CAN	DEU	DNK	ESP	FIN	GBR	ITA	JPN	KOR	NLD	NOR	USA
食品	1990	0.427	0.496	0.772	0.955	0.532	0.656	0.668	0.395	0.835	0.699	0.854	0.465	0.675	0.628	0.908
	2005	0.467	0.717	0.774	1.028	0.564	0.620	0.543	0.735	0.874	0.668	0.691	0.512	0.913	0.751	1.000
繊維	1990	0.879	0.658	0.645	0.887	0.711	0.745	0.715	0.677	0.890	0.901	0.690	0.329	0.864	0.755	0.606
	2005	0.708	1.033	1.044	0.991	1.037	0.848	0.707	1.086	1.251	0.998	0.485	0.506	1.246	1.253	1.000
木製品	1990	0.981	0.837	0.719	0.897	0.760	0.787	0.776	0.529	1.165	0.825	0.929	0.301	0.630	0.757	1.221
	2005	0.871	1.020	1.130	1.362	1.133	1.023	0.683	1.010	1.229	0.991	0.886	0.697	1.427	1.053	1.000
紙製品	1990	0.517	0.489	0.629	0.500	0.523	0.513	0.780	0.459	0.842	0.743	0.709	0.389	0.682	0.643	0.629
	2005	0.595	0.776	0.735	0.704	0.648	0.588	0.660	0.832	0.849	0.677	0.570	0.462	0.819	0.731	1.000
化学	1990	0.570	0.393	0.713	0.502	0.501	0.373	0.733	0.551	0.476	0.491	0.679	0.295	0.483	0.602	0.926
	2005	0.485	0.851	0.822	0.678	0.756	0.712	0.671	0.848	0.783	0.546	0.640	0.719	0.883	0.738	1.000
ゴム	1990	0.853	0.679	0.608	0.741	0.952	1.203	0.913	1.093	0.756	0.796	0.703	0.650	0.801	0.978	0.684
	2005	0.862	0.985	1.150	1.015	1.023	0.931	0.835	1.138	0.992	0.829	0.623	0.709	0.894	1.132	1.000
窯業	1990	0.319	0.952	0.982	0.883	0.693	0.838	0.728	0.761	0.841	0.922	0.813	0.391	0.842	0.849	0.859
	2005	0.746	1.091	1.097	1.123	0.903	0.949	0.844	1.153	1.160	0.872	0.779	0.657	1.029	1.059	1.000
金属	1990	0.686	0.815	0.893	0.680	0.902	0.882	0.820	0.754	0.874	0.679	0.890	0.502	0.776	0.816	0.797
	2005	0.792	1.037	1.012	0.998	0.959	0.812	0.803	1.037	1.012	0.800	0.847	0.896	1.021	1.008	1.000
機械	1990	0.504	0.901	1.066	1.087	0.937	1.010	0.897	0.891	0.818	0.906	0.850	0.262	0.962	1.137	1.032
	2005	0.837	1.228	1.279	1.343	1.204	0.925	1.053	1.282	1.118	0.971	0.735	0.718	1.184	1.140	1.000
電気機器	1990	0.243	0.494	0.518	0.456	0.517	0.439	0.439	0.273	0.455	0.678	0.175	0.105	0.311	0.546	0.070
	2005	0.663	0.949	0.910	0.850	0.921	0.775	0.620	1.713	1.034	0.837	0.625	0.619	0.526	0.898	1.000
輸送機器	1990	0.278	0.629	0.677	0.694	0.784	0.672	0.791	0.645	0.628	0.821	0.617	0.318	0.478	0.972	0.737
	2005	0.530	1.155	0.884	1.046	1.019	0.658	0.758	0.872	0.884	0.647	0.746	0.724	0.961	0.922	1.000
その他	1990	0.409	0.593	0.611	0.791	0.654	0.876	0.753	0.643	0.983	0.750	0.482	0.631	0.924	0.674	0.878
	2005	0.352	0.818	0.756	0.985	0.779	0.687	0.572	0.844	0.893	0.750	0.528	0.471	0.641	0.781	1.000
製造業	1990	0.443	0.591	0.748	0.647	0.662	0.666	0.701	0.492	0.687	0.704	0.575	0.275	0.661	0.718	0.576
	2005	0.559	0.874	0.909	0.874	0.823	0.723	0.664	1.011	0.899	0.714	0.655	0.623	0.891	0.838	1.000

(備考) 表中の産業名は略称である。ISIC Rev.3のコードと省略していない名称については表10を参照されたい。TFPインデックスは、2005年の米国のTFPを1として相対化されている。

(出所) OECD STAN データベース、EUKLEMS のデータを用いて筆者作成。

表3 生産要素賦存の概要 (2005年)

国	全労働者		非熟練労働者		熟練労働者		労働者1人当たり資本ストック		労働者1人当たり耕地	
	人数 千人	成長率 %	割合 %	成長率 %	割合 %	成長率 %	金額 2005 \$	成長率 %	面積 ha	成長率 %
AUS	10,040	1.70	67.4	1.03	32.6	3.33	123,548	-0.34	4.92	0.21
AUT	4,031	0.68	84.8	-0.03	15.2	7.24	91,215	1.74	0.34	-0.18
BEL	4,258	0.59	71.6	-0.06	28.4	2.58	102,270	2.01	0.20	-1.16
CAN	16,455	1.40	71.1	0.89	29.0	2.86	80,556	1.46	2.75	-0.03
DEU	38,835	1.63	80.7	1.18	19.2	3.94	73,785	1.32	0.31	-0.04
DNK	2,727	0.29	81.0	-0.02	19.0	1.83	80,956	2.89	0.86	-0.62
ESP	19,267	2.23	73.3	0.77	26.7	9.64	83,754	2.18	0.67	-1.15
FIN	2,389	-0.25	71.2	-1.45	28.8	4.19	85,547	1.17	0.93	-0.11
GBR	31,084	0.44	76.2	-0.48	23.8	4.72	51,828	3.40	0.18	-0.96
ITA	24,396	0.51	89.1	0.15	10.9	4.48	91,022	1.01	0.32	-0.98
JPN	63,918	-0.03	57.4	-1.78	42.6	3.45	92,306	2.08	0.07	-0.60
KOR	22,856	1.56	59.5	-0.38	40.5	6.12	76,504	5.61	0.07	-1.15
NLD	8,252	1.39	75.3	0.87	24.6	3.36	77,757	2.02	0.13	1.56
NOR	2,352	0.89	71.8	0.09	28.2	3.48	100,025	0.77	0.37	0.02
USA	150,223	1.11	67.7	2.77	32.3	-1.43	95,430	3.28	1.15	-0.49

(備考) データ最終年が国によって異なるので、それぞれの項目については左側の列は2005年の要素賦存を示している。資本ストックは2005年の米ドルで記載されている。右側の列の成長率は1990年から2005年にかけての平均年成長率である(ただし、ベルギーの労働者1人当たり耕地の成長率は2000年から2005年にかけての平均)。  
(出所) OECD STAN データベース、EUKLEMS、世界銀行 WDI データベースを用いて筆者作成。

表 4 電力供給関連の変数の概要

国	発電容量 労働者		発電容量 資本		TFP		資本		
	水準 kW	成長率 %	水準 1990年	成長率 %	水準 2005年	成長率 %	水準 2005 US \$	割合 %	成長率 %
AUS	4.78	0.22	0.574	0.56	0.613	0.44	6,257	5.06	0.28
AUT	4.67	0.13	0.595	-1.61	1.147	4.38	3,037	3.33	-1.17
BEL	3.73	0.19	0.987	-1.82	1.241	1.52	2,617	2.56	-0.16
CAN	7.43	-0.33	0.819	-1.79	0.983	1.22	3,861	4.79	-1.87
DEU	3.04	-0.37	0.793	-1.69	1.125	2.33	2,591	3.51	-0.32
DNK	4.82	2.13	0.577	-0.75	0.928	3.16	3,162	3.91	-1.85
ESP	4.21	1.94	0.898	-0.24	1.134	1.56	2,591	3.09	-0.38
FIN	6.70	1.52	0.533	0.35	0.881	3.35	3,081	3.60	0.55
GBR	2.61	0.27	0.859	-3.13	1.226	2.37	1,586	3.06	1.82
ITA	3.28	1.80	0.765	0.79	0.911	1.16	3,795	4.17	0.06
JPN	4.12	2.04	0.562	-0.03	0.668	1.16	8,492	9.20	1.75
KOR	2.65	4.86	0.450	-0.75	0.681	2.76	4,496	5.88	5.62
NLD	2.64	0.29	1.153	-1.73	1.527	1.87	1,645	2.12	-0.23
NOR	11.82	-0.73	0.873	-1.50	1.687	4.39	3,024	3.02	-3.15
USA	6.51	0.81	1.082	-2.46	1.000	-0.53	3,302	3.46	0.99

(備考) 資本の水準は労働者1人当たりで2005年の米ドルで表示。資本の割合は電力供給部門が有している資本ストック全体に占める割合。

(出所) OECD STAN データベースと UN エネルギー統計のデータから筆者作成。

表5 生産シェアの推計

	食品	繊維	木製品	紙製品	化学	ゴム	窯業	金属	機械	電気機器	輸送機器	その他
TFP 食品	1.430** (0.075)	0.020 (0.056)	0.029 (0.030)	-0.286** (0.052)	-0.206** (0.040)	-0.117** (0.030)	-0.084** (0.028)	0.151** (0.056)	-0.003 (0.056)	-0.028 (0.035)	-0.093+ (0.050)	-0.060+ (0.033)
TFP 繊維	0.020 (0.056)	0.744** (0.086)	-0.027 (0.030)	-0.125* (0.055)	-0.222** (0.045)	-0.028 (0.030)	0.023 (0.027)	0.026 (0.060)	-0.110+ (0.060)	0.045 (0.035)	-0.029 (0.058)	-0.078* (0.036)
TFP 木製品	0.029 (0.030)	-0.027 (0.030)	0.189** (0.023)	0.095** (0.027)	0.004 (0.021)	0.061** (0.017)	0.027 (0.016)	-0.027 (0.031)	0.068* (0.030)	0.008 (0.016)	-0.110** (0.026)	0.111** (0.018)
TFP 紙製品	-0.286** (0.052)	-0.125* (0.055)	0.095** (0.027)	1.303** (0.065)	-0.017 (0.037)	0.065* (0.029)	-0.089** (0.027)	-0.016 (0.052)	0.018 (0.053)	-0.111** (0.040)	-0.100* (0.049)	-0.100** (0.032)
TFP 化学	-0.206** (0.040)	-0.222** (0.045)	0.004 (0.021)	-0.017 (0.037)	1.285** (0.044)	-0.094** (0.021)	-0.000 (0.019)	-0.039 (0.042)	-0.172** (0.044)	0.021 (0.028)	0.080+ (0.043)	-0.156** (0.026)
TFP ゴム	-0.117** (0.030)	-0.028 (0.030)	0.061** (0.017)	0.065* (0.029)	-0.094** (0.021)	0.625** (0.027)	-0.066** (0.018)	0.030 (0.030)	0.020 (0.029)	0.005 (0.018)	-0.011 (0.024)	0.007 (0.019)
TFP 窯業	-0.084** (0.028)	0.023 (0.027)	0.027 (0.016)	-0.089** (0.027)	-0.000 (0.019)	-0.066** (0.018)	0.356** (0.025)	0.039 (0.028)	-0.009 (0.028)	0.043** (0.013)	-0.076** (0.022)	0.096** (0.018)
TFP 金属	0.151** (0.056)	0.026 (0.060)	-0.027 (0.031)	-0.016 (0.052)	-0.039 (0.042)	0.030 (0.030)	0.039 (0.028)	1.713** (0.080)	0.169** (0.060)	0.135** (0.049)	-0.192** (0.056)	0.096** (0.034)
TFP 機械	-0.003 (0.056)	-0.110+ (0.060)	0.068* (0.030)	0.018 (0.053)	-0.172** (0.044)	0.020 (0.029)	-0.009 (0.028)	0.169** (0.060)	1.307** (0.085)	0.182** (0.047)	0.193** (0.060)	0.126** (0.034)
TFP 電気機器	-0.028 (0.035)	0.045 (0.035)	0.008 (0.016)	-0.111** (0.040)	0.021 (0.028)	0.005 (0.018)	0.043** (0.013)	0.135** (0.049)	0.182** (0.047)	2.633** (0.141)	0.084+ (0.050)	0.036+ (0.019)
TFP 輸送機器	-0.093+ (0.050)	-0.029 (0.058)	-0.110** (0.026)	-0.100* (0.049)	0.080+ (0.043)	-0.011 (0.024)	-0.076** (0.022)	-0.192** (0.056)	0.193** (0.060)	0.084+ (0.050)	1.160** (0.088)	0.077* (0.031)
TFP その他	-0.060+ (0.033)	-0.078* (0.036)	0.111** (0.018)	-0.100** (0.032)	-0.156** (0.026)	0.007 (0.019)	0.096** (0.018)	0.096** (0.034)	0.126** (0.034)	0.036+ (0.019)	0.077* (0.031)	0.425** (0.029)
未熟練労働	-0.377** (0.091)	0.110 (0.092)	0.031 (0.042)	-0.038 (0.106)	-0.606** (0.076)	-0.114* (0.052)	0.286** (0.036)	-0.006 (0.146)	-0.066 (0.133)	-3.636** (0.397)	-0.911** (0.135)	0.394** (0.048)
熟練労働	0.033 (0.069)	0.130+ (0.069)	0.071* (0.032)	0.035 (0.079)	-0.022 (0.058)	0.080* (0.038)	0.145** (0.026)	0.435** (0.108)	0.423** (0.100)	1.407** (0.301)	0.035 (0.102)	0.162** (0.038)
資本	0.188** (0.061)	-0.504** (0.062)	-0.028 (0.027)	0.218** (0.069)	0.068 (0.050)	-0.070* (0.034)	-0.055* (0.023)	-0.385** (0.095)	-0.349** (0.087)	-0.510+ (0.261)	0.105 (0.090)	-0.206** (0.033)
電力	-0.111+ (0.064)	-0.202** (0.064)	-0.022 (0.029)	0.291** (0.075)	0.298** (0.055)	0.132** (0.037)	-0.162** (0.024)	0.273** (0.104)	0.303** (0.094)	1.176** (0.286)	0.654** (0.096)	-0.216** (0.034)

(備考) 表中の産業名は略称である。ISIC Rev.3のコードと省略していない名称については表10を参照されたい。ISURによる推計で国固定効果、年固定効果を含めて  
いる。括弧内は標準偏差。サンプル数は261である。+, \*\*, \* はそれぞれ10%水準、5%水準、1%水準で係数が有意であることを表す。

表 6 生産シェアの推計 (固定効果)

	食品	繊維	木製品	紙製品	化学	ゴム	窯業	金属	機械	電気機器	輸送機器	その他
未熟練	-0.562** (0.120)	0.292** (0.094)	-0.084+ (0.050)	0.088 (0.127)	-1.106** (0.136)	-0.104+ (0.059)	0.138** (0.038)	-0.447* (0.185)	-0.588** (0.173)	-3.247** (0.573)	-1.143** (0.171)	0.263** (0.062)
熟練	-0.013 (0.077)	-0.034 (0.060)	0.028 (0.032)	0.044 (0.081)	-0.372** (0.087)	0.034 (0.038)	0.140** (0.025)	0.237* (0.118)	0.291** (0.111)	-1.485** (0.367)	-0.258* (0.110)	0.190** (0.040)
資本	0.185** (0.066)	-0.529** (0.052)	-0.044 (0.027)	0.040 (0.070)	0.130+ (0.075)	-0.042 (0.033)	-0.013 (0.021)	0.087 (0.102)	0.227* (0.096)	2.077** (0.318)	0.513** (0.095)	-0.128** (0.034)
電力	-0.098 (0.086)	-0.114+ (0.067)	0.021 (0.036)	0.271** (0.091)	0.765** (0.098)	0.118** (0.043)	-0.170** (0.028)	0.359** (0.133)	0.388** (0.125)	1.534** (0.413)	0.710** (0.123)	-0.310** (0.044)

(備考) 表中の産業名は略称である。ISIC Rev.3 のコードと省略していない名称については表 10 を参照されたい。表からは省略されているが推計には国固定効果、年固定効果を含めている。括弧内は標準偏差。サンプル数は 263 である。+, \*, \*\* はそれぞれ 10 % 水準、5% 水準、1% 水準で係数が有意であることを表す。

表7 生産シェアの推計（1期ラグ項を含む）

	食品	繊維	木製品	紙製品	化学	ゴム	窯業	金属	機械	電気機器	輸送機器	その他
1期ラグ	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)	0.556** (0.033)
TFP 食品	1.729** (0.094)	0.036 (0.049)	0.025 (0.031)	-0.342** (0.070)	-0.096+ (0.054)	-0.136** (0.034)	-0.023 (0.036)	-0.125+ (0.068)	0.022 (0.066)	-0.095+ (0.055)	-0.062 (0.060)	-0.016 (0.039)
TFP 繊維	0.036 (0.049)	0.518** (0.056)	0.023 (0.026)	0.038 (0.050)	-0.051 (0.039)	-0.047 (0.031)	0.046 (0.030)	-0.082+ (0.049)	0.186** (0.047)	-0.043 (0.036)	0.072+ (0.040)	0.031 (0.031)
TFP 木製品	0.025 (0.031)	0.023 (0.026)	0.249** (0.022)	0.033 (0.032)	-0.046+ (0.024)	0.070** (0.019)	-0.036+ (0.019)	0.033 (0.031)	0.051+ (0.029)	0.002 (0.023)	-0.058* (0.025)	0.089** (0.019)
TFP 紙製品	-0.342** (0.070)	0.038 (0.050)	0.033 (0.032)	1.288** (0.103)	-0.019 (0.057)	-0.004 (0.034)	-0.030 (0.036)	0.087 (0.072)	-0.023 (0.070)	-0.110+ (0.063)	-0.009 (0.066)	-0.127** (0.040)
TFP 化学	-0.096+ (0.054)	-0.051 (0.039)	-0.046+ (0.024)	-0.019 (0.057)	1.193** (0.062)	-0.021 (0.025)	-0.057* (0.027)	-0.122* (0.055)	0.021 (0.054)	-0.069 (0.048)	-0.067 (0.051)	0.011 (0.030)
TFP ゴム	-0.136** (0.034)	-0.047 (0.031)	0.070** (0.019)	-0.004 (0.034)	-0.021 (0.025)	0.580** (0.036)	0.022 (0.024)	-0.089** (0.033)	0.034 (0.030)	0.016 (0.023)	0.013 (0.025)	0.040+ (0.022)
TFP 窯業	-0.023 (0.036)	0.046 (0.030)	-0.036+ (0.019)	-0.030 (0.036)	-0.057* (0.027)	0.022 (0.024)	0.387** (0.034)	-0.009 (0.035)	0.056+ (0.033)	-0.028 (0.024)	-0.026 (0.027)	0.070** (0.023)
TFP 金属	-0.125+ (0.068)	-0.082+ (0.049)	0.033 (0.031)	0.087 (0.072)	-0.122* (0.055)	-0.089** (0.033)	-0.009 (0.035)	1.736** (0.099)	0.063 (0.068)	0.042 (0.061)	-0.145* (0.064)	0.044 (0.039)
TFP 機械	0.022 (0.066)	0.186** (0.047)	0.051+ (0.029)	-0.023 (0.070)	0.021 (0.054)	0.034 (0.030)	0.056+ (0.033)	0.063 (0.068)	1.216** (0.094)	-0.063 (0.063)	0.115+ (0.068)	0.097** (0.037)
TFP 電気機器	-0.095+ (0.055)	-0.043 (0.036)	0.002 (0.023)	-0.110+ (0.063)	-0.069 (0.048)	0.016 (0.023)	-0.028 (0.024)	0.042 (0.061)	-0.063 (0.063)	1.240** (0.102)	-0.044 (0.070)	-0.036 (0.028)
TFP 輸送機器	-0.062 (0.060)	0.072+ (0.040)	-0.058* (0.025)	-0.009 (0.066)	-0.067 (0.051)	0.013 (0.025)	-0.026 (0.027)	-0.145* (0.064)	0.115+ (0.068)	-0.044 (0.070)	1.303** (0.099)	0.008 (0.031)
TFP その他	-0.016 (0.039)	0.031 (0.031)	0.089** (0.019)	-0.127** (0.040)	0.011 (0.030)	0.040+ (0.022)	0.070** (0.023)	0.044 (0.039)	0.097** (0.037)	-0.036 (0.028)	0.008 (0.031)	0.455** (0.033)
未熟練労働	0.021 (0.174)	0.115 (0.110)	-0.083 (0.068)	-0.090 (0.209)	-0.137 (0.151)	-0.031 (0.067)	0.208** (0.070)	0.199 (0.202)	0.108 (0.225)	-0.711* (0.294)	-0.044 (0.286)	0.207* (0.085)
熟練労働	-0.046 (0.143)	0.046 (0.090)	-0.077 (0.056)	-0.021 (0.172)	-0.006 (0.124)	-0.001 (0.055)	0.034 (0.058)	0.266 (0.166)	0.017 (0.185)	0.460+ (0.241)	0.394+ (0.233)	0.009 (0.070)
資本	-0.011 (0.096)	-0.101+ (0.061)	0.042 (0.037)	0.140 (0.115)	-0.036 (0.083)	-0.025 (0.037)	-0.056 (0.039)	-0.146 (0.111)	-0.158 (0.124)	-0.106 (0.162)	-0.132 (0.157)	-0.108* (0.047)
電力	0.099 (0.079)	0.028 (0.050)	0.020 (0.031)	-0.033 (0.095)	0.027 (0.069)	0.024 (0.030)	-0.075* (0.032)	-0.145 (0.092)	0.144 (0.102)	0.127 (0.133)	-0.011 (0.129)	0.003 (0.039)

(備考) 表中の産業名は略称である。ISIC Rev.3のコードと省略していない名称については表10を参照されたい。ISURによる推計で、生産シェアの2期ラグを操作変数として用いている。表からは省略されているが推計には年固定効果が含まれている。括弧内は標準偏差。サンプル数は232である。+, \*, \*\*, \*\* はそれぞれ10%水準、5%水準、1%水準で係数が有意であることを表す。

表 8 生産シェアの推計 (Arellano-Bond 推計)

	食品	繊維	木製品	紙製品	化学	ゴム	窯業	金属	機械	電気機器	輸送機器	その他
1 期ラグ	0.550** (0.038)	0.767** (0.029)	0.530** (0.040)	0.545** (0.042)	0.448** (0.030)	0.726** (0.032)	0.513** (0.043)	0.728** (0.034)	0.659** (0.038)	0.998** (0.024)	0.563** (0.042)	0.503** (0.032)
TFP 食品	1.131** (0.082)	-0.111* (0.051)	0.004 (0.029)	-0.396** (0.083)	-0.124* (0.056)	-0.114** (0.033)	0.002 (0.028)	-0.075 (0.103)	0.115 (0.102)	-0.117 (0.157)	-0.154 (0.123)	0.025 (0.033)
TFP 繊維	-0.040 (0.073)	0.211** (0.055)	0.046 (0.030)	0.059 (0.087)	-0.265** (0.056)	-0.042 (0.034)	0.020 (0.029)	0.030 (0.101)	-0.235** (0.106)	-0.047 (0.161)	-0.118 (0.121)	-0.009 (0.034)
TFP 木製品	-0.044 (0.044)	0.055+ (0.031)	0.122** (0.019)	-0.084 (0.052)	0.062+ (0.033)	0.092** (0.020)	0.043* (0.017)	0.068 (0.061)	0.086 (0.062)	0.149 (0.093)	-0.172* (0.072)	0.056** (0.021)
TFP 紙製品	-0.369** (0.080)	0.076 (0.057)	0.082* (0.032)	0.814** (0.101)	0.063 (0.058)	-0.017 (0.034)	-0.042 (0.032)	0.075 (0.106)	-0.139 (0.105)	0.117 (0.154)	-0.289* (0.127)	-0.176** (0.038)
TFP 化学	-0.180** (0.049)	-0.055+ (0.033)	-0.027 (0.019)	-0.060 (0.056)	0.922** (0.047)	0.019 (0.021)	-0.006 (0.019)	0.059 (0.065)	-0.086 (0.064)	0.037 (0.098)	0.047 (0.080)	-0.072** (0.023)
TFP ゴム	0.113 (0.072)	0.117* (0.051)	-0.034 (0.028)	0.145+ (0.084)	-0.055 (0.054)	0.247** (0.034)	-0.084** (0.029)	-0.288** (0.098)	0.139 (0.097)	-0.165 (0.144)	0.166 (0.117)	0.073* (0.033)
TFP 窯業	-0.318** (0.056)	-0.022 (0.041)	0.014 (0.022)	-0.091 (0.065)	-0.047 (0.042)	0.066* (0.025)	0.209** (0.024)	0.036 (0.076)	-0.168* (0.078)	0.038 (0.113)	-0.088 (0.091)	0.112** (0.026)
TFP 金属	0.203** (0.076)	-0.129* (0.053)	-0.031 (0.030)	-0.072 (0.089)	-0.190** (0.058)	-0.098** (0.035)	-0.012 (0.031)	0.837** (0.114)	0.124 (0.105)	0.278+ (0.155)	-0.059 (0.125)	0.068+ (0.035)
TFP 機械	-0.072 (0.067)	0.085+ (0.047)	0.035 (0.027)	-0.084 (0.080)	0.131** (0.050)	0.004 (0.030)	0.023 (0.026)	0.135 (0.090)	0.641** (0.094)	0.059 (0.137)	0.227* (0.109)	-0.016 (0.030)
TFP 電気機器	-0.045+ (0.023)	0.007 (0.016)	-0.006 (0.009)	-0.072** (0.026)	0.007 (0.017)	0.033** (0.011)	0.012 (0.009)	0.038 (0.032)	0.098** (0.032)	0.307** (0.068)	0.094* (0.037)	0.006 (0.011)
TFP 輸送機器	0.071 (0.048)	0.009 (0.035)	-0.031 (0.020)	0.214** (0.059)	-0.036 (0.037)	-0.020 (0.023)	-0.075** (0.022)	-0.245** (0.068)	0.021 (0.069)	-0.362** (0.108)	0.791** (0.087)	0.048* (0.025)
TFP その他	-0.050 (0.050)	0.018 (0.035)	0.076** (0.020)	-0.048 (0.058)	-0.132** (0.039)	0.026 (0.023)	0.061** (0.020)	-0.007 (0.068)	0.180** (0.069)	-0.035 (0.101)	0.188* (0.081)	0.332** (0.025)
未熟練労働	-0.139+ (0.080)	-0.104+ (0.056)	0.059+ (0.031)	-0.058 (0.088)	-0.224** (0.061)	-0.106** (0.035)	0.171** (0.034)	-0.030 (0.107)	-0.206+ (0.106)	-0.686** (0.156)	-0.439** (0.126)	0.249** (0.038)
熟練労働	-0.069 (0.054)	-0.028 (0.037)	0.020 (0.022)	0.008 (0.064)	0.002 (0.040)	0.040 (0.025)	0.066** (0.021)	0.144+ (0.075)	0.114 (0.076)	-0.027 (0.108)	0.036 (0.087)	0.039 (0.025)
資本	0.026 (0.045)	-0.003 (0.036)	-0.035* (0.018)	0.074 (0.053)	0.008 (0.034)	-0.006 (0.021)	-0.049** (0.018)	-0.124+ (0.063)	-0.182** (0.062)	0.109 (0.090)	-0.097 (0.074)	-0.077** (0.022)
電力	0.105* (0.048)	0.065+ (0.035)	0.015 (0.019)	0.205** (0.058)	0.069+ (0.038)	0.039+ (0.022)	-0.090** (0.019)	-0.009 (0.066)	0.132+ (0.067)	0.184+ (0.098)	0.311** (0.083)	-0.057* (0.023)

(備考) 表中の産業名は略称である。ISIC Rev.3 のコードと省略していない名称については表 10 を参照されたい。表からは省略されているが推計には国固定効果、年固定効果を含めている。括弧内は標準偏差。サンプル数は 247 である。+, \*\*, \*\*\* はそれぞれ 10% 水準、5% 水準、1% 水準で係数が有意であることを表す。

表9 生産の弾力性（日本）

産業	ISIC Rev.3	生産の弾力性	
		TFP	電力
食品	15-16	0.601	-0.015
繊維	17-19	1.465	-0.366
木製品	20	0.888	-0.073
紙製品	21-22	0.817	0.209
化学	24	0.874	0.229
ゴム	25	0.781	0.193
窯業	26	0.562	-0.223
金属	27-28	0.663	0.131
機械	29	0.665	0.179
電気機器	30-33	1.456	0.670
輸送機器	34-35	0.582	0.346
その他	36-37	0.948	-0.450

（備考）表中の産業名は略称であり、省略なしの名称については表10の産業リストを参照されたい。弾力性値は2000年から2007年の平均値。

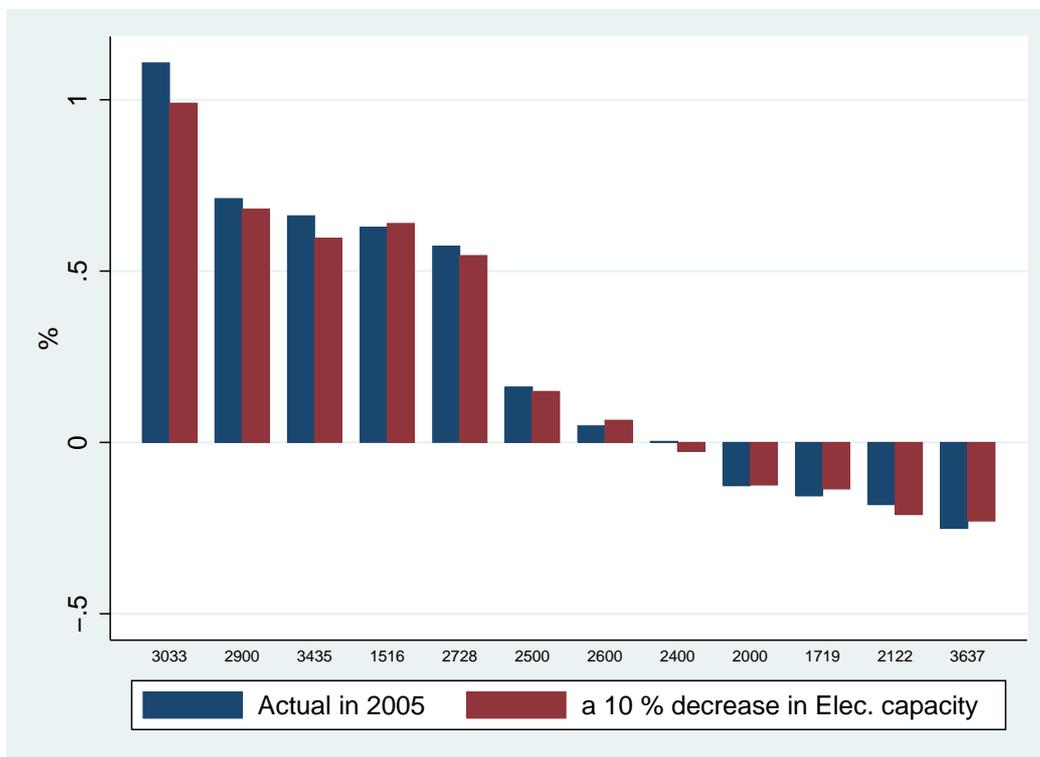


図1 生産シェアの変化

(備考) 2005年の各産業における日本の生産シェアからサンプル国平均を差し引いたもの。生産シェアの高い順に左から右へ、電気機器(30-33)、機械(29)、輸送機器(34-35)、食品(15-16)、金属(27-28)、ゴム(25)、ガラス・窯業(26)、化学(24)、木製品(20)、繊維(17-19)、紙製品(21-22)、その他製造業(36-37)がプロットされている。各産業で左側が2005年の実際の生産シェアを、右側が実効電力供給が10%減少したときの生産シェアを示している。

## 付録 A モデルの補足

ここで用いた経済モデルの均衡条件は次のように表される。

$$p_i \leq \frac{c_i(\mathbf{w}, p_m)}{\theta_i} \quad (\text{完全競争}) \quad (14)$$

$$\mathbf{A}(\mathbf{w}, p_m)\mathbf{x} = \mathbf{v} \quad (\text{生産要素の需給均衡}) \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^N m_i^d(\theta_i, p_i, p_m, x_i) = \theta_m k_m \quad (\text{中間財の需給均衡}) \quad (16)$$

ここで  $\mathbf{w}$  は生産要素価格のベクトル、 $\mathbf{A}$  は単位投入ベクトル、 $\mathbf{x}$  は最終財の生産ベクトル、 $\mathbf{v}$  は要素賦存ベクトルを表している。中間財への派生需要  $m_i^d$  は、最終財生産者の利潤最大化における 1 階条件から導かれる。

式 (14) に見える完全競争（ゼロ利潤）の条件から、生産要素の価格  $w_k$  は最終財の価格ベクトル  $\mathbf{p}$ 、中間財価格  $p_m$  と各最終財の生産性を表す  $N$  次の対角行列  $\Theta$  を用いて、 $w_k(\mathbf{p}, p_m, \Theta)$  のように表すことができる。よって、式 (15) の生産要素の需給均衡により、最終財の生産  $x_i$  は  $\mathbf{p}$ 、 $p_m$ 、 $\Theta$ 、 $\mathbf{v}$  を用いて表すことができる。最後に、中間財の需給均衡（式 (16)）より、中間財の均衡価格  $\tilde{p}_m$  が  $\mathbf{p}$ 、 $\Theta$ 、 $\theta_m$ 、 $\mathbf{v}$ 、 $k_m$  という外生変数で定まる。

なお、例えば他の要件を一定として  $\theta_m$  や  $k_m$  が低下すると、中間財の均衡価格  $\tilde{p}_m$  は上昇し、その結果、生産要素価格が下落することが分かる。

## 付録 B データ

### B.1 付加価値

国際的に比較可能な付加価値額を得るためには、国際間の価格インデックスが必要である。ローカル通貨表示の付加価値をドル換算する際に GDP ベースの PPP を用いることについてはこれまでも様々な批判がなされている<sup>\*27</sup>

しかしながら、Harrigan (1997a) も認めているように、各産業の付加価値（生産物）について国際的に比較可能な価格インデックスを入手することは極めて困難である。したがって、本稿では部分的に妥協し、GDP ベースの PPP の代わりに機械・装置の PPP を用いた。より詳細には、OECD Stat は 2005 年のベンチマーク PPP を公開しており、その中ではより詳細な品目に分けた PPP が掲載されている（機械・装置の PPP もその一つである）。機械・装置の PPP を名目為替レートで除すことで、各国の 2005 年の価格インデックスを得ることができる。この価格インデックスは参照国（すなわち米国）との相対値で表され、無単位である。例えば、日本の場合、2005 年の機械・装置の PPP レートは 1 ドル 165 円である。名目為替レートは 1 ドル 110 円だから、日本の機械・装置の価格インデックスは 1.5 となる。かなり大まかな近似になるが、この機械・装置の価格インデックスをすべての製造業に適用した。

<sup>\*27</sup> Harrigan (1997a) は、GDP ベースの PPP 価格は不適切であると論じている。その論拠として、(i) GDP ベースの PPP 価格では輸入価格が含まれる一方、輸出価格は除外されてしまうこと、(ii) 輸送や流通段階のマージンが含まれてしまうこと、(iii) 間接税が含まれ補助金が除外されること、(iv) 最終財の価格であり、中間財の価格ではないこと、を掲げている。

他の年については、このように品目に分解された PPP のデータは OECD Stat には存在しない（ただし 2008 年については存在する）。そこで、OECD STAN データベースにある各産業の付加価値のデフレーターを用いて、すべての価格は付加価値のデフレーターと同じようになると仮定して、各年の価格インデックスを作成した。この価格インデックスに名目為替レート of データを乗じることで各年の PPP とし、それを用いて現地通貨表示の付加価値を米ドルに換算した。その上で、米国の各産業の付加価値デフレーターを用いて実質化している。

## B.2 資本

資本ストックは、perpetual inventory method により計算した。すなわち、資本ストックの増減は

$$K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + I_t, \quad (17)$$

に従う。ここで  $\delta$  は資本減耗率で、 $I_t$  は  $t$  期の投資である。期初の資本ストックの直接のデータはないが、標準的な手法に従い、期初に定常状態にあったと仮定して期初の資本ストックを  $I_0/(g + \delta)$  で算出した。ここで  $I_0$  は期初の実質投資、 $g$  は産業の生産の成長率を示す。 $I_0$  を得るために、1980 年から 1982 年の 3 年間の投資の平均を用いた（景気変動の影響を抑えるため）。 $g$  については、基本的には最初の 10 年間の中間値を用いているが、仮に中間値が負の場合は  $g = 0$  とみなした。

ほとんどの国については、必要なデータは OECD STAN データベースから採られている。しかし、一部の国には総固定資本形成のデータが OECD STAN データベースから欠落している。それらの国は日本、韓国、オーストラリアであり、代わりに EUKLEMS に掲載のデータを用いた。OECD STAN データベースの総固定資本形成（Gross fixed capital formation (GFCF)）は、現地通貨建てである。国際比較可能な投資データを作成するために、資本財に関する 2005 年の PPP を用いた。他の年については先述した付加価値と同様の扱いをしている。なお、デフレーターには (deflators of gross fixed capital formation (GFCF)) を用いている。

## B.3 労働

産業別の労働投入データは OECD STAN データベースによる。TFP インデックスの計算には、労働投入時間 (HRSE) を、人的資本で修正して用いた。人的資本については、Barro and Lee (2010) からとった、25 歳以上人口の平均的な教育修了年数のデータを用いた。人的資本ストック  $h$  の計算は Caselli (2005) によっており、具体的には次のように計算している。

$$h = e^{\phi(s)}$$

ここで  $s$  は平均的な教育年数を表している。関数  $\phi(s)$  は次のように与えられている。

$$\phi(s) = \begin{cases} 0.134s, & \text{if } s \leq 4; \\ 0.134 \cdot 4 + 0.101(s - 4), & \text{if } 4 < s \leq 8; \\ (0.134 + 0.101) \cdot 4 + 0.068(s - 8), & \text{if } s \geq 8, \end{cases}$$

すなわち、教育年数の人的資本形成に与える限界効果は段階的に減少していくと仮定されている。

経済全体の生産要素賦存に用いた、労働ストックのデータは OECD STAN データベースから採った (EMPN)。この労働ストックを、教育年数によって熟練と未熟練の二つのグループに分けている。具体的には、barro/lee:10 のデータにある、高等教育以上の教育を受けた人口割合と中等教育以下の教育を受けた人口割合を労働ストックに乘じ、前者を熟練、後者を未熟練と定義した。

なお、Barro and Lee (2010) に収録されている教育水準でみた人口割合は 5 年ごとであり中間年は内挿した。

#### B.4 土地

耕地（単位：千ヘクタール）はベルギーを除いて 1990 年から 2008 年まで利用可能で、世界銀行 WDI データベースからとった。

表 10 産業のリスト

略称	ISIC Rev.3	産業の名称 (ISIC Rev.3)
食品	15	Food products and beverages
	16	Tobacco products
繊維	17	Textiles
	18	Wearing apparel, dressing and dyeing of fur
	19	Leather, leather products and footwear
木製品	20	Wood and products of wood and cork
紙製品	21	Pulp, paper and paper products
	22	Printing and publishing
化学	24	Chemicals and chemical products
ゴム	25	Rubber and plastics products
ガラス・窯業	26	Other non-metallic mineral products
金属	27	Basic metals
	28	Fabricated metal products, except machinery and equipment
機械	29	Machinery and equipment, n.e.c.
電気機器	30	Office, accounting and computing machinery
	31	Electrical machinery and apparatus, n.e.c.
	32	Radio, television and communication equipment
	33	Medical, precision and optical instruments
輸送機器	34	Motor vehicles, trailers and semi-trailers
	35	Other transport equipment
その他製造業	36	Manufacturing n.e.c.
	37	Recycling

表 11 サンプル国リスト

国	iso コード	利用可能期間
Australia	AUS	1990-2005
Austria	AUT	1990-2008
Belgium	BEL	2000-2008
Canada	CAN	1990-2006
Germany	DEU	1990-2008
Denmark	DNK	1990-2008
Spain	ESP	1990-2008
Finland	FIN	1990-2008
U.K.	GBR	1990-2007
Italy	ITA	1990-2008
Japan	JPN	1990-2006
Korea	KOR	1990-2005
Netherlands	NDL	1990-2008
Norway	NOR	1990-2007
U.S.	USA	1990-2008

## 付録 C 仮説検定

推計式 (11) では、TFP のクロス効果の対称性 ( $i \neq j$  であるすべての  $i$  と  $j$  について  $a_{ij} = a_{ji}$ ) と生産関数の 1 次同次性 ( $\sum_{k=1}^M c_{ik} + c_{im} = 0$ ) を仮定している。ここでは推計から得られた係数がそれらの仮定と整合的か Wald 検定を行った。また、推計式の係数全体が意味を持つか TFP、生産要素、実効電力供給についても Wald 検定を行った。

まず、TFP のクロス効果の対称性については、統計値  $\chi^2(66)$  の p 値は 0 で、帰無仮説  $H_0 : i \neq j$  であるすべての  $i$  と  $j$  について  $a_{ij} = a_{ji}$  は棄却される。一方、1 次同次性の帰無仮説  $H_0 : \sum_{k=1}^M c_{ik} + c_{im} = 0$  については、食品、繊維、紙製品、化学、ガラス・窯業、電気機器、その他製造業については棄却されるが、木製品、ゴム、輸送機器については棄却できない。また、金属と機会については 1% 水準で棄却される。

係数に関する Wald 検定では、TFP 全体として係数がゼロであるという仮説は棄却される。また、生産要素と電力供給に関しては、木製品については、全体として係数がゼロであるという仮説が棄却されず、生産要素や電力供給が説明力を持たないことを示唆している。

表 12 仮説検定

	食品	繊維	木製品	紙製品	化学	ゴム	窯業	金属	機械	電気機器	輸送機器	その他
1 次同次性	0.003	0.000	0.198	0.000	0.001	0.586	0.000	0.031	0.019	0.000	0.386	0.005
推計式の有意性												
TFP トータル	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
生産要素 + 電力	0.000	0.000	0.189	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
生産要素	0.000	0.000	0.143	0.005	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TFP 効果の対称性	0.000											

(備考) 表中の値はいずれも  $p$  値。統計量は、生産要素の 1 次同次性は  $\chi^2(1)$ 、TFP 係数の全体的有意性は  $\chi^2(12)$ 、生産要素及び電力係数の全体的有意性は  $\chi^2(4)$ 、生産要素係数の全体的有意性は  $\chi^2(3)$  である。また、TFP のクロス効果は  $\chi^2(66)$  である。表中の産業名は略称である。ISIC Rev.3 のコードと省略していない名称については表 10 を参照されたい。