

我が国の製造業における電力消費のエネルギー効率

本 間 聡

本稿の目的は、我が国の製造業における消費電力量の効率性を全要素生産性の枠組みで評価し、削減可能な電力量を明らかにすることである。ノンパラメトリックな効率性評価手法である包絡分析法 (Data Envelopment Analysis; DEA) を用いて、製造業の電力効率が都道府県別に1990年度から2009年度まで評価される。分析の結果、産出の減少を伴わずに削減可能な電力量は、規模に関して収穫一定を仮定した場合には年平均22.6%、規模に関して収穫可変を仮定した場合には年平均17.2%であった。サンプル期間を通じて効率的であった地域は、前者の仮定の下では愛知県と奈良県、後者の仮定の下では東京都、愛知県、滋賀県、奈良県、和歌山県、長崎県、沖縄県であった。削減可能な電力量が大きかった上位3地域はどちらの仮定の下でも兵庫県、大阪府、北海道の順であった。また、電力効率を被説明変数とするパネルトービットモデルによる実証分析によって、製造業産出に占めるエネルギー集約産業のシェアが高いほど電力効率は低くなることがわかった。

1. はじめに

2011年3月11日の福島第一原子力発電所事故によって、原子力発電は厳しい批判にさらされた。2012年5月5日に北海道泊原子力発電所3号機が定期点検のために運転を停止した。その後、関西地方の電力不足のために2012年6月から9月にかけて一時的に再稼働が許された大飯原発を除いて、2015年3月現在、日本国内の原発はすべて稼働を停止している。福島事故以前は我が国において全発電量の約3割を担っていた原発が運転を停止したことによって、電力不足が深刻化・慢性化した。電力不足への対応として、再生可能エネルギーの普及促進が重要であることは当然だが、短期間のうちに原発の穴を埋めることは困難である。現実には原発の代替は火力発電の稼働率を上げることで対処されている。けれども、火力発電による代替は、地球温暖化の原因となる二酸化炭素や大気汚染の原因となる硫黄酸化物などを排出し、枯渇性資源である化石燃料を消費するといった点で大きな問題を抱えている。また、原発停止のために生じる追加的な燃料費の増加は2013年度で約3.6兆円とされる¹⁾。原発のリスクが問題視されているが、再生可能エネルギーにもコスト高や出力の不安定性など

1) 資源エネルギー庁『エネルギー白書2014』, 18ページ。

の問題があり、万能の電源はない。どの電源にも一長一短がある以上、適切な電源比率の組み合わせ（エネルギー・ミックス）が検討されなければならない²⁾。それだけでなく固定価格買取制度の再構築，送配電網の整備，発送電分離を含む電力自由化，などといった電力をめぐる多方面にわたる重要な課題は残念ながら政治的には早急な解決は望めそうにない。以上のように我が国のエネルギーとりわけ電力をめぐる制約を考慮すれば，消費量を削減するエネルギー効率の向上が実行可能性の高さという点からみても優先度の高い政策といえるであろう。

本稿の目的は，包絡分析法（Data Envelopment Analysis; DEA）によって，製造業における電力消費の効率性を評価することである³⁾。そのために，Hu and Wang（2006）で提案された全要素エネルギー効率（total-factor energy efficiency，以下TFEE）が適用される。また，電力利用の効率性は産業構造と密接な関係があると予想されることから，製造業産出額に占めるエネルギー集約産業の割合と効率性との関係が分析される。本稿の特色は以下の2つである。第1に，我が国の製造業に関して産出の減少を伴わずに削減可能な消費電力量を定量的に提示した点である。第2に，効率性の評価にとどまらずに，その決定要因に対する実証分析を行っている点である。

本稿の構成は以下の通りである。第2節では，分析に先立って，我が国の製造業におけるエネルギー消費を概観し，省エネルギーを推進する上での障壁を整理する。また，エネルギー評価に関する先行研究を説明する。第3節では，電力利用の効率性をDEAのアプローチで評価する方法と，効率性の決定要因を分析するためのパネルトビットモデルを説明する。第4節では，効率性評価の結果得られた削減可能な電力量を示し，製造業全体の産出に占めるエネルギー集約産業産出のシェアと1人当たり所得が効率性に与える影響が示される。また，効率性とエネルギー集約産業シェアによって，47都道府県を4つのグループに分けて，非効率な地域の効率改善について考察する。第5節はまとめである。各都道府県の考察の結果とデータの出所と構築は付録で示される。

2. 製造業のエネルギー消費

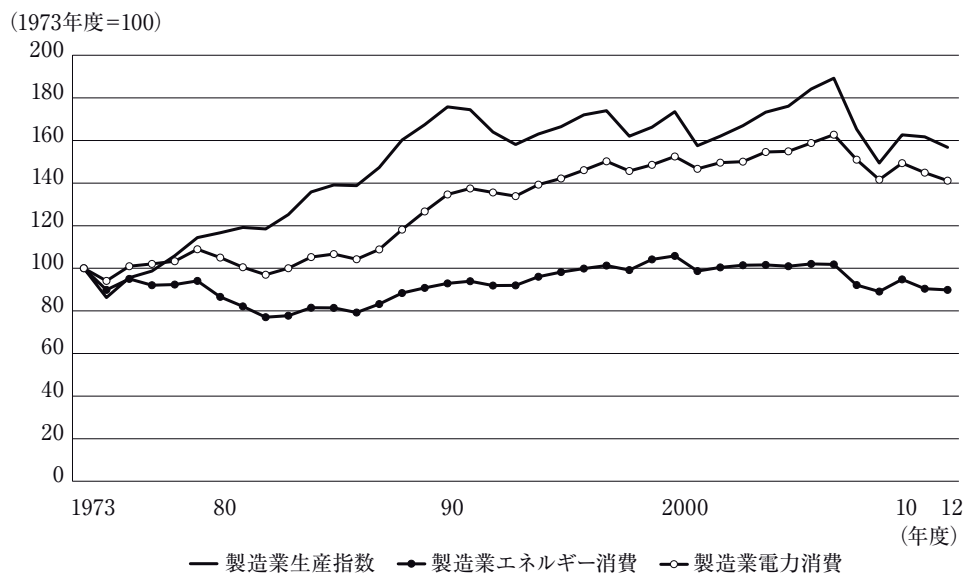
2-1 エネルギー消費の推移

分析に先立って，我が国の製造業におけるエネルギー消費を概観しておこう。図2-1は，

2) 本稿脱稿後，政府は2030年時点の望ましい電源構成案を公表した。その概要は原発の比率を20～22%，再生可能エネルギーの比率を22～24%とするものであるが，原発の再稼働，運転期間延長，新增設をめぐる困難を考慮すれば，実現に向けたハードルはかなり高いといわざるを得ない。

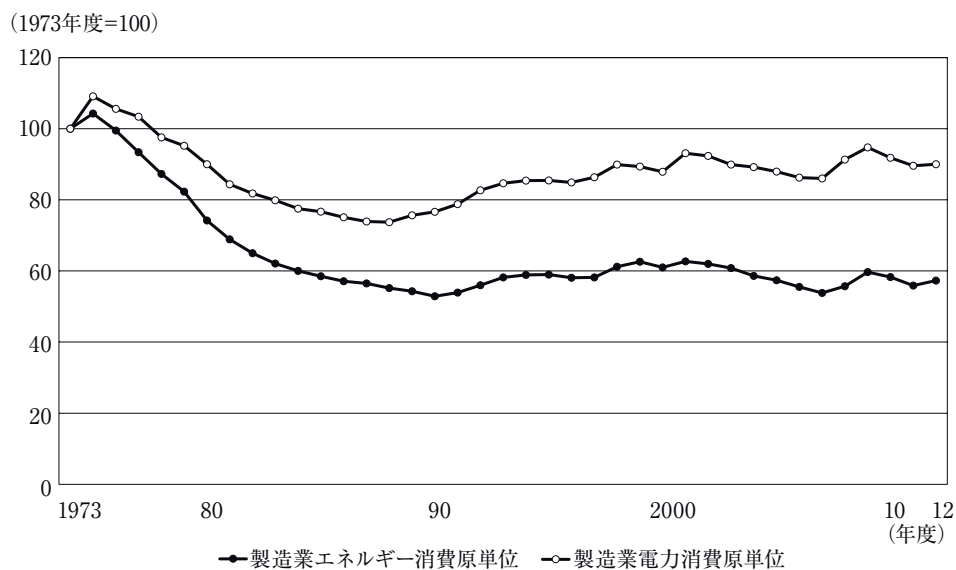
3) 本稿では，製造業に焦点を当てるが，家計部門，商業部門，運輸部門の省エネルギーも重要であることはいうまでもない。

図 2-1 製造業の経済活動とエネルギー消費



(出所) 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編(2014)の鉱工業生産指数, エネルギー消費量, 電力消費量から作成。

図 2-2 製造業のエネルギー消費原単位と電力消費原単位



(注) 製造業のエネルギー消費原単位と電力消費原単位はそれぞれ鉱工業生産指数1単位当たりのエネルギー消費量・電力消費量で、1973年度を100と基準化して示している。

(出所) 図 2-1 と同じ。

1973年度を100として、2012年度までの製造業の生産活動（鉱工業生産指数）、エネルギー消費、電力消費の推移を示したものである。この39年間で、生産活動は1.57倍増加し、エネルギー消費全体は0.9倍減少しているのに対して、電力消費は、1.41倍増加している。図2-2は、鉱工業生産指数当たりのエネルギー消費と電力消費の推移を示したものである。エネルギー消費原単位は57.3%縮小しているのに対して、電力消費は90.0%の縮小に過ぎない。図2-1と図2-2から、製造業のエネルギー源が電力以外から電力へとシフトしていることが示唆される。

2-2 省エネルギーバリア

省エネルギーに関して、第一次石油危機以来、我が国の産業部門はエネルギー効率の向上につとめてきたので「乾いた雑巾」状態にあって省エネルギーの余地はないという通説がしばしば語られる。果たして、日本中の企業や工場で省エネルギーがやりつくされ、もはや省エネルギーの余地は皆無なのだろうか。企業にとって省エネルギー型の機器を購入するといった投資は、長期的にはエネルギー・コストの節約となるので、合理的な企業であれば省エネルギーをやりつくした状態で操業しているはずである。しかし、杉山ほか（2010）で指摘されたように、現実には省エネルギー対策の余地が残されたままになっていることがある。こうした経済合理的な省エネルギー対策を妨げる障害は省エネルギーバリア（Howarth and Andersson, 1993）とよばれる。杉山ほか（2010）で、我が国の工場に存在すると指摘された省エネルギーバリアをまとめると以下の7つようになる⁴⁾。

1. 高額な初期投資への資金調達
2. 対策・技術の存在や潜在的な効果・導入方法についての情報や知識の不足
3. 現状把握・対策検討能力の不足
4. エネルギー管理にかかわる人件費や設備更新の機会費用などの隠れた費用
5. 機器に関するメーカー、サブユーザー、エンドユーザー間のインセンティブの不一致
6. 省エネルギー設備需要の多様性
7. 経営者の関心不足

以上のような省エネルギーバリアが省エネルギー対策の推進を阻んでいると考えられる。実際、2-1節でみたように、1990年代から2000年代にかけては製造業のエネルギー消費原単位は横ばい傾向、電力消費原単位微増傾向を示している。歌川（2011）で指摘されるように、個別機器のエネルギー効率は向上しても、普及が不十分なので省エネ効果を発揮していない可能性も考えられる。歌川（2011）は工学的なシミュレーションによって、設備更新時

4) 杉山ほか（2010）、73-76ページ。

に省エネ型の機器・建物・自動車を採用することによって我が国の最終エネルギー消費は2020年(2030年)に最大22%(同36%)削減が可能であることを示している。

2-3 エネルギー効率の評価

エネルギー効率の改善を分析するためのアプローチには、上述の歌川(2011)のような学術的なシミュレーションだけでなく、エネルギー投入と産出に関する生産過程の効率性を分析する経済学的なアプローチもある。伝統的なアプローチはエネルギー消費量をGDPや生産量などの産出で割ったエネルギー集約度、あるいはその逆数となるエネルギー生産性を分析するものである。ただし、生産にはエネルギーのほかに労働や資本などの投入が必要である。野村(2015)は省エネ技術を体化した資本財の導入で省エネルギーが実現する以上、省エネルギーの行き過ぎが国民負担を増す可能性を指摘している。この点に注意すれば、エネルギーのみを投入と扱ってエネルギー効率を評価するアプローチは限界を有している。エネルギー効率は全要素生産性の中で評価されるべきである。

本稿では、Hu and Wang(2006)で提案された全要素エネルギー効率(total-factor energy efficiency; TFEE)を用いる。TFEEは包絡分析法(data envelopment analysis; DEA)を用いて全要素生産性の枠組みでエネルギー効率を評価する指標である⁵⁾。TFEEは中国(Hu and Wang, 2006)、アジア太平洋経済協力(APEC)17カ国・地域(Hu and Kao, 2007)、発展途上国23カ国(Zhang et al., 2011)、先進国14カ国(Honma and Hu, 2014a)、などのエネルギー効率評価に適用されてきた。日本に関しては、Honma and Hu(2008, 2009, 2013, 2014b)でTFEEによる分析が適用されているが、これらではエネルギー全般を扱っている。そこで、本稿では電力に焦点を当ててTFEEを適用して分析を行う。

3. モデル

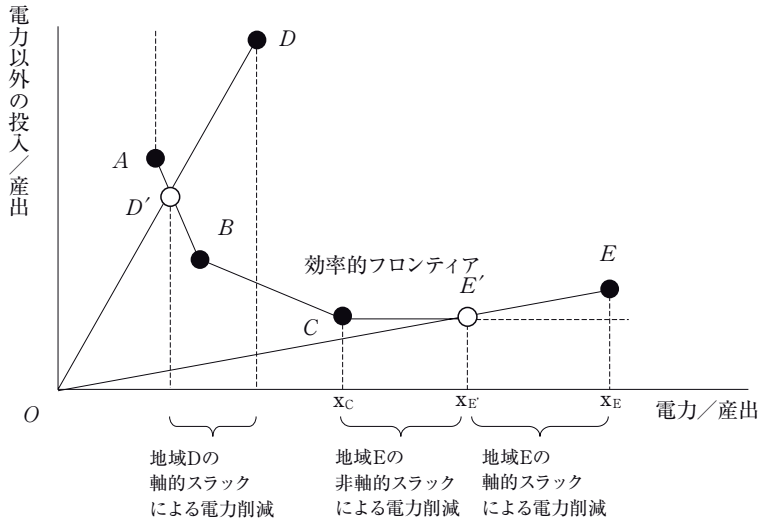
3-1 電力効率性の評価

本稿における電力効率性の評価手法は、基本的にはHu and Wang(2006)で提案されたTFEEに従う。ただし、Hu and Wang(2006)とは異なり、電力に焦点を当てるために、本稿ではエネルギーを電力と電力以外のエネルギーに区別している。

はじめに、全要素エネルギー生産性の概念を説明しよう。図3-1には、AからEまでの地域が電力と電力以外の投入を用いて1種類の生産物を生産している状況が描かれている。ここでは、図示を容易にするために、電力以外の投入は1種類のみとして、規模に関して収

5) DEAとは、Charnes et al.(1978)によって開発された、ノンパラメトリックな効率性評価手法である。

図 3-1 軸的・非軸的スラックと電力削減



稜一定を仮定している。投入を産出で除した値が各軸にとられていることから、図の点は産出1単位当たりの生産に必要な各投入を表している。

ここでは、A、B、Cの3つの地域が効率的であり、A、B、Cを結んだ線分は効率的フロンティアとよばれる。地域Dは、電力と電力以外の投入をそれぞれ比率 OD'/OD だけ削減しても、前と同じ産出量を生産することが可能である。いい換えれば、Dは効率的フロンティア上の D' 点に移動することによって効率化することが可能である。

地域Eは電力と電力以外の投入をそれぞれ比率 OE'/OE だけ削減することが可能である。電力でいえば $x_E - x_{E'}$ だけ削減できる。このような比例的な投入の縮小によって削減可能な非効率分は軸的スラック (radial slack) とよばれる。地域Cが点Cで産出1単位を生産していることを考慮すれば、地域Eは電力をさらに $x_{E'} - x_C$ だけ削減できるといえる。このような比例的ではない、投入の余剰分は非軸的スラック (non-radial slack) とよばれる。従って、地域Eが節約可能な電力は軸的スラック $x_E - x_{E'}$ と非軸的スラック $x_{E'} - x_C$ の合計 $x_E - x_C$ となる。

以上の準備の下で、地域 i の目標電力消費量を

$$\text{目標電力消費量}_i = \text{実際の電力投入量}_i - (\text{軸的スラック}_i + \text{非軸的スラック}_i) \quad (1)$$

と求めることができる。ただし、下付き添え字 i は地域を表す⁶⁾。

地域 i の全要素生産性の枠組みで評価した電力効率性 η_i を以下のように定義しよう。

6) η_i は各期ごとに計算されることから、期間を表す t は省略する。

$$\eta_i = \text{目標電力投入量}_i / \text{実際の電力投入量}_i \quad (2)$$

定義から、(2)は消費電力の削減可能率とも解釈できる。明らかに、軸的スラックも非軸的スラックもゼロとなる効率的な地域は目標エネルギー投入量と実際のエネルギー投入量が等しくなることから η_i は1である。一方、非効率的な地域は両者が異なることから η_i は1未満となる。定義から η_i は0と1の間の値をとり、 η_i が小さいほど非効率的であることを意味する。

η_i の具体的な解法について、簡単に説明しよう⁷⁾。I個の地域がn種類の投入物を投入してm種類の生産物を産出しているとしよう。地域i ($i=1, \dots, I$) の投入と産出をそれぞれ列ベクトル $x_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni})^T$, $y_i = (y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{mi})^T$ で表せば、投入と産出を表すデータ行列はそれぞれ

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1I} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2I} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nI} \end{pmatrix}$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1I} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2I} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mI} \end{pmatrix}$$

で与えられる。ここで、Xはn行I列、Yはm行I列の行列である。生産可能集合は、規模に関して収穫一定を仮定するならば

$$P = \{x, y \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0\} \quad (3)$$

で、規模に関して収穫可変を仮定するならば

$$P = \{x, y \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, e\lambda = 1, \lambda \geq 0\} \quad (4)$$

でそれぞれ与えられる。ただし、eはすべての要素が1の行ベクトルである。

このとき、規模に関して収穫一定の仮定の下で、軸的効率性は、以下の線形計画問題

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta_i \\ \text{s.t.} \quad & \theta_i x_i - X\lambda \geq 0 \\ & y_i - Y\lambda \leq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

7) DEAモデルの解法については、くわしくは刀根(1993)を参照。

の解 θ_i として与えられる。(5)は、最低限 y_i を産出することを前提として、最小の投入の縮小率 θ_i を求めている⁸⁾。規模に関して収穫可変を仮定する場合は、(5)の制約条件に凸制約 $e\lambda=1$ を加えて(5)を解く。地域 E に関して(5)を解いた解 θ_E は前述の OE'/OE にほかならず、軸的スラック $x_E - x_{E'}$ は $\theta_E x_E$ で与えられる。図 3-1 の地域 E のように、縮小率 θ_E の割合で投入を比例的に縮小しても電力についてなお削減の余地がある場合は、非軸的スラックが存在することになる。本稿では、以上の効率値計算は各年度ごとに計算される。従って、電力効率率は各年度ごとの相対評価である。以下では、電力効率率は規模に関して収穫一定 (constant returns to scale, CRS) と規模に関して収穫可変 (variable returns to scale, VRS) の2つの仮定の下で評価される。以下では必要に応じて、規模に関して収穫一定と収穫可変の下で評価された電力効率性をそれぞれ CRS 電力効率率、VRS 電力効率率とよぶことにする。

3-2 パネルトービットモデル

2段階目の分析として、我々は上で求められた電力効率 η_i の決定要因を求める。ただし、ここで注意しなければならないことは、 η_i は上限 1、下限 0 をとる変数である点である。これは、観察される変数が 0 と 1 で打ち切り (censored) となっていることを意味する。こうした打ち切りデータを最小二乗法を推計すると誤差項が正規分布に従わないために、推定結果にバイアスが生じてしまう。従って、先行研究にならって「制約された被説明変数 (limited dependent variable)」に適したパネルトービットモデルが用いられる⁹⁾。

いま、観察可能な電力効率である η_i を決定する潜在変数を η_{it}^* として、両者の間に以下の関係が成り立つとする。

$$\eta_{it} = \begin{cases} 1 & \text{if } \eta_{it}^* \geq 1 \\ \eta_{it}^* & \text{if } 0 < \eta_{it}^* < 1 \\ 0 & \text{if } \eta_{it}^* \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

ただし、以下では下付き添え字 it は t 期の地域 i の変数であることを示す。

本稿では、変量効果パネルトービットモデルを用いて、 η_{it}^* は

$$\eta_{it}^* = \beta_0 + \beta_1 \ln s_{it} + \beta_2 \ln z_{it} + \beta_3 (\ln z_{it})^2 + \nu_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

で与えられるとする¹⁰⁾。ここで、 s_{it} は地域 i で製造業の産出額に占めるエネルギー集約産業

8) (5)による効率性評価は、所与の産出を維持しながら投入を最小化することを目指していることから投入指向モデル (input-oriented model) とよばれる。

9) 例えば、Zang et al. (2011), Khoshroo et al. (2013) などを参照。

10) 固定効果モデルをトービットモデルに適用することは、小標本バイアスが生じることから好まし

の割合(%), z_{it} は1人当たり実質所得(円)である。 v_i は地域 i に固有の攪乱項で平均ゼロ・分散 σ_v^2 の正規分布に従い, ε_{it} は地域 i の t 期における攪乱項で平均ゼロ・分散 σ_ε^2 の正規分布に従うと仮定する。また, v_i と ε_{it} は独立であると仮定する。

鉄鋼業や化学工業などのエネルギー集約産業は, 生産過程において大量のエネルギー消費を伴うことから, エネルギー集約産業が集中する地域は電力効率が低くなると考えられる。従って, β_1 の符号は負となると予想される。一方, β_2 と β_3 の符号については以下のように一概には予想できない。

環境経済学では, 所得水準が環境に影響を与える最も重要な要因の1つとされる。そこで, 所得水準の上昇が電力効率に与える影響を柔軟にとらえるために, (7)では所得対数値とその2次項を説明変数に加えた。環境クズネツ曲線(environmental Kuznets curve, EKC) 仮説では, 所得水準が低いときには1人当たり所得の上昇に伴って環境が悪化するが, ある所得水準を超えると, 所得が上昇するにつれて環境が改善するという関係が想定される。一国の経済成長と環境汚染の関係を対象としたEKC 仮説では以上の関係が成立する可能性があるとしても, 本稿で考察しているように一国内の地域レベルでEKC 仮説が成立するかどうかはわからない¹¹⁾。その上, 製造業における電力消費自体は汚染を発生させるわけではない。従って, 所得とその2乗項に関しては係数の符号を先験的に判断できない。

ところで, 地域固有の要因がなければ分析はプーリングモデルで十分である。上述の分散の比を

$$\rho \equiv \frac{\sigma_v^2}{\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_v^2} \quad (8)$$

とおけば, v_i の分散がゼロの場合は $\rho=0$ となって, 変量効果トービットモデルは, 地域固有の要因を考慮しないプーリングトービットモデルと等しくなる。どちらのモデルの結果を解釈するべきかを判断するために, $\rho=0$ を帰無仮説とする尤度比検定を行う。

4. 結 果

4-1 効 率 性

電力効率の算出では, 投入として電力, 電力以外のエネルギー, 労働, 資本, 産出として

くないとされる。

11) Aldy (2005) は米国内の二酸化炭素排出についてアラスカ州とハワイ州を除く48州のデータでEKC 仮説の成立を検証するが, 逆U字型のクズネツ曲線が成立するかどうかはモデル特定化によって変わると結論づけている。最近の研究では, Flores et al. (2014) が分位点回帰分析を用いて窒素酸化物と硫黄産物に関して米国内48州においてEKC 仮説の成立を支持している。

製造業産出高をとった。分析によって得られた各都道府県の電力効率は付録の表 A1 にまとめた。表 A1 の数字は、1990-1994年度平均の北海道の CRS 電力効率の値0.608を例にとれば、この期間平均して39.2% ($=1-0.608$) 電力消費が削減可能であることを意味する。表 A1 で全期間の電力効率が1の地域は、CRS の仮定の下では愛知県と奈良県の2地域、VRS の仮定の下では東京都、愛知県、滋賀県、奈良県、和歌山県、長崎県、沖縄県の7地域であった¹²⁾。これらの地域は、それぞれ規模に関して収穫一定および収穫可変の仮定の下で、電力を削減する余地がゼロであることを意味する。ただし、本稿の効率性評価は各期間の相対評価であり、電力効率が1の地域も技術革新によって削減が可能となる余地は当然あり得る。

図4-1は各都道府県の削減可能電力量を示したものである。CRS と VRS のいずれの仮定の下でも兵庫県の削減可能量が最も大きく、以下、大阪府、北海道が続く。これらの地域の削減量が多いのはもともと電力消費量が多い上に(サンプル期間全体における全国に対する3地域の電力消費の割合は、それぞれ兵庫県6.5%、大阪府5.8%、北海道2.8%である)、非効率的であったからである。

図4-2と図4-3は、CRS と VRS のそれぞれの仮定の下で、効率性評価に基づいて全国の目標電力消費量と節約可能量を集計して示したものである。ここで目標電力消費量と節約可能量の和は実際の電力消費量である。全期間の削減可能率の平均は、図4-2のCRS 電力効率では22.6%、図4-3のVRS 電力効率では17.2%となる。従って、削減可能率はおおむね20%といえるが、それによって削減される電力は中国地方と九州・沖縄地方の製造業消費電力を合わせた電力に匹敵する¹³⁾。

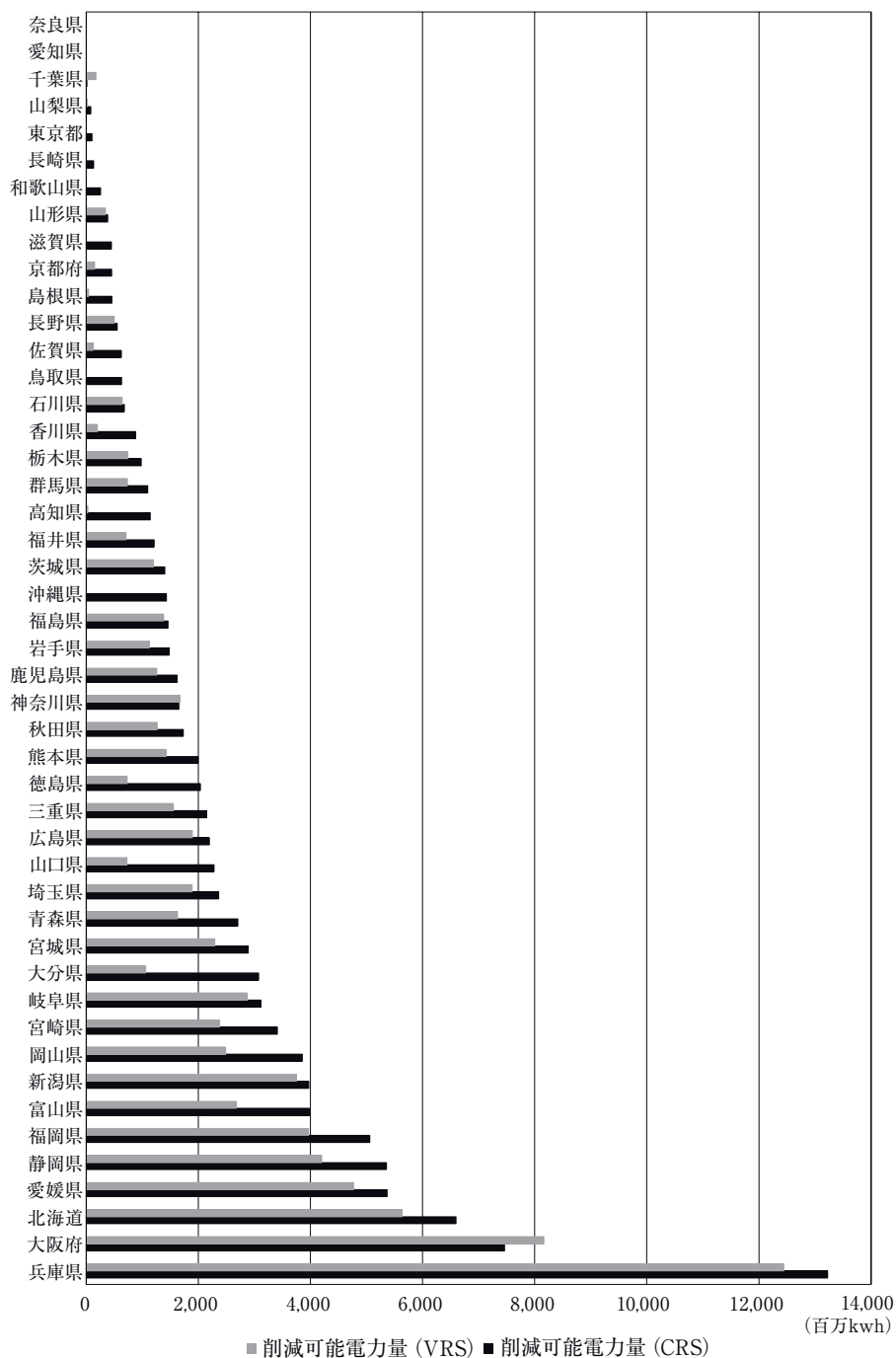
表4-1はパネルトビーットモデルによる推定結果である。尤度比検定の結果、すべての特定化で、プーリングモデルを妥当とする帰無仮説が棄却され、変量効果モデルが採用されたので、変量効果モデルの結果だけを示す。製造業産出額に占めるエネルギー集約産業シェアの係数の符号はすべての特定化で有意に負であり、エネルギー集約産業の割合が電力利用の効率性に負の影響を与えていることを示している。

ところで、製造業における電力の消費そのものは直接汚染を排出するわけではないが、電力を大量に消費する生産工程は汚染排出を伴うと考えられる。所得水準の上昇とともに良好

12) 沖縄県の全期間平均TFEEはCRS電力効率では47位、VRS電力効率では1位と評価が全く異なる。これは、効率性評価の基準となる生産フロンティアが後者では前者よりも狭まっており、沖縄県は比較対象となる小規模な県がほかにないことが影響している。このように、DEAではCRSとVRSでは効率値が全く異なることが生じ得る(刀根(1993), 59ページ)。

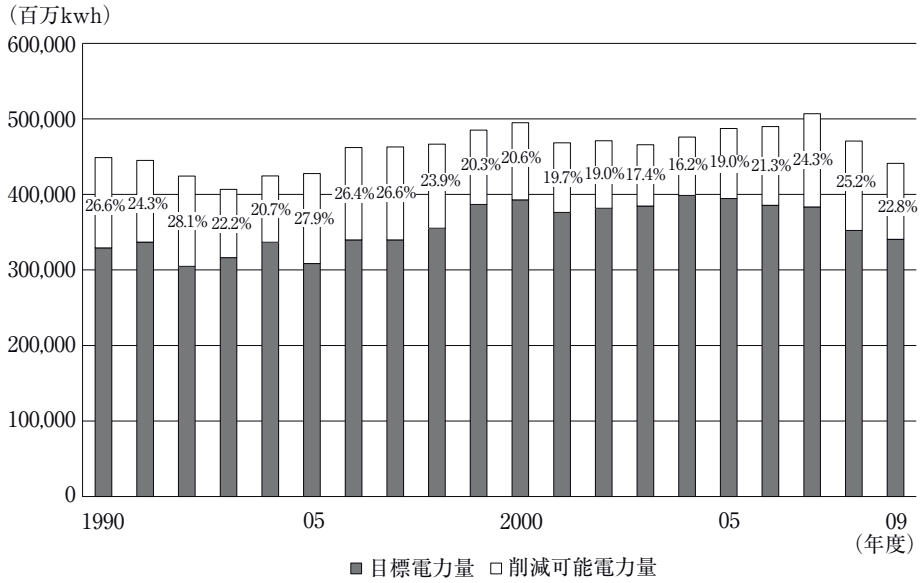
13) サンプル期間において中国地方と九州・沖縄地方の製造業消費電力の合計が全国に占める割合は平均して年18.9%である。

図 4-1 各都道府県の削減可能電力量 (1990-2009年度平均)



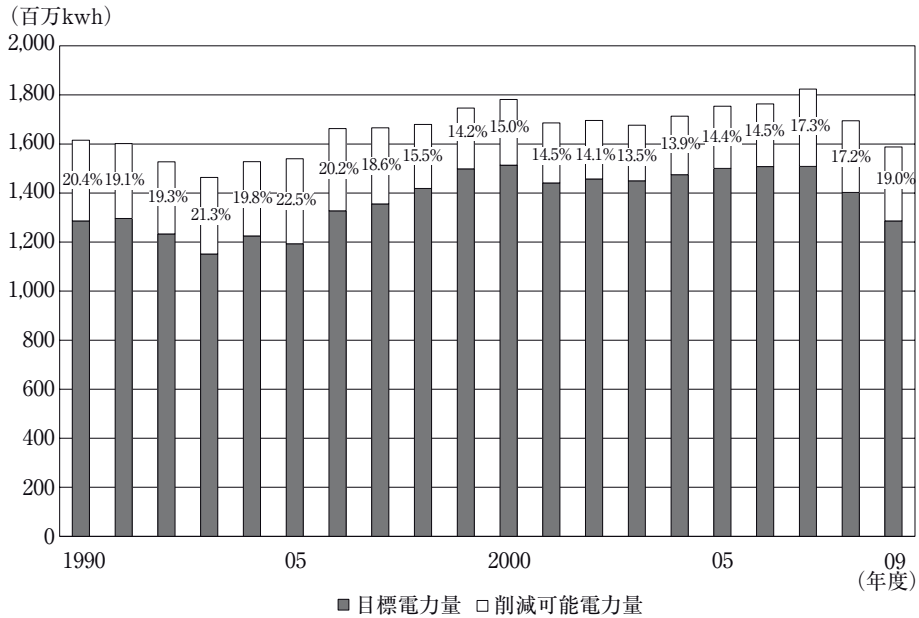
(注) 計算はTJ単位で行ったが、図はわかりやすいように百万kwh単位に換算して描いている。以下の図も同様。図では、削減可能電力量(CRS)が大きい順に下から並んでいる。

図 4-2 目標電力消費量と節約可能量 (CRS 電力効率)



(注) 目標電力量と削減可能電力量を合わせた高さが実際の消費電力量を表す。パーセント表示は削減可能率である。

図 4-3 目標電力消費量と節約可能量 (VRS 電力効率)



(注) 目標電力量と削減可能電力量を合わせた高さが実際の消費電力量を表す。パーセント表示は削減可能率である。

表 4-1 パネルトービットモデルの推定結果

被説明変数	CRS 電力効率			VRS 電力効率		
	推定式(1)	推定式(2)	推定式(3)	推定式(4)	推定式(5)	推定式(6)
エネルギー集約産業 シェア対数値	-0.130*** (0.036)	-0.139*** (0.032)	-0.140*** (0.032)	-0.129*** (0.036)	-0.146*** (0.034)	-0.146*** (0.034)
1人当たり所得対数 値		0.746*** (0.078)	-0.775 (8.928)		0.798*** (0.078)	12.93 (9.959)
1人当たり所得対数 値の2乗			0.051 (0.301)			-0.409 (0.335)
定数項	1.127*** (0.111)	-9.914*** (1.161)	1.372 (66.265)	1.274*** (0.113)	-10.516*** (1.154)	-100.565 (73.946)
対数尤度	365.163	407.830	407.845	295.577	345.382	346.116
尤度比検定	1178.8***	839.45***	836.56***	1120.09***	1164.28***	1116.99***

- (注) 1. ***, **, * はそれぞれ 1%, 5%, 10%水準で統計的に有意であることを示す。
 2. カッコ内は標準偏差を示す。
 3. 尤度比検定は、帰無仮説：プーリングトービットモデル、対立仮説：変量効果トービットモデルとして、分散比率の相対的有意性を検定している。

な環境が地方自治体に求められるようになるならば、結果的に環境効率的な生産が行われると考えられる。このような所得水準が与える影響をコントロールするために1人当たり実質所得（およびその2乗項）を変数に加えると、CSRとVSRのそれぞれの場合で、表4-1ではエネルギー集約産業シェアの係数の大きさはやはり有意に負で、同シェアのみの(1)の場合よりも絶対値で係数の大きさは大きくなった。1人当たり実質所得の符号は、1次項のみの推定式(2)と(4)では1%水準で統計的に有意に正であったが、2次項を加えた(3)と(6)では1次項も2次項も有意ではないという結果が得られた。

4-3 電力効率と産業構造による地域分類

電力効率はパネルトービットモデルの分析でみたように、産業構造に左右される。エネルギー集約産業が少ない地域は、他地域あるいは他国から移入（輸入）されたエネルギー集約財を消費することで恩恵を受けていることを考慮すれば、すべての地域を効率値の数字のみで評価してしまうことは妥当とはいえないであろう。

ここでは4-1節と4-2節の結果をふまえて、電力効率とエネルギー集約産業シェアに基づいて類似の地域に分類し、非効率的な地域の改善の一助となる方法を考察する。どのように地域を分類するかにはさまざまな基準が考えられるが、表4-2では47都道府県をサンプル期間全体のVRS電力効率平均値(0.829)とエネルギー集約産業シェア平均値(21.0%)を基準にしてAからDの4つのグループに分類した。DEAではCSRとVRSのどちらが正しい特定化なのかを統計的に検証することはできない。従って、ここでVRS電力効率を地域

表 4-2 電力効率とエネルギー集約産業シェアによる分類

	VRS 電力効率 ^a 全国平均 (0.829) 以上	VRS 電力効率 ^a 全国平均 (0.829) 未満
製造業産出額に占めるエネルギー集約産業シェアが全国平均 (21.0%) 以上	(A グループ) 茨城県, ②千葉県, ①※和歌山県, 島根県, 山口県, 香川県, ③高知県, 大分県	(B グループ) 北海道, 青森県, 富山県, 福井県, 岐阜県, 大阪府, 兵庫県, ②岡山県, ①広島県, ③徳島県, 愛媛県, 福岡県
製造業産出額に占めるエネルギー集約産業シェアが全国平均 (21.0%) 未満	(C グループ) 山形県, 栃木県, 群馬県, 埼玉県, ①※東京都, 神奈川県, 山梨県, 長野県, ①※愛知県, 三重県, ①※滋賀県, 京都府, ①※奈良県, 鳥取県, 佐賀県, ①※長崎県, ①※沖縄県	(D グループ) 岩手県, 宮城県, 秋田県, ③福島県, 新潟県, ②石川県, ①静岡県, 熊本県, 宮崎県, 鹿児島県

- (注) 1. 都道府県名の前の①, ②, ③はそのグループ内での平均 VRS 電力効率の順位を示し (ただし, 第3位までのみ), ※は平均 VRS 電力効率^aが1であることを示す。
2. VRS 電力効率と製造業産出額に占めるエネルギー集約産業シェアの平均値はサンプル期間全体にわたるものである。

分類の基準として用いたのは例示のためである。

表 4-2 左上の A グループはエネルギー集約産業シェアが平均以上であるにもかかわらず電力効率も平均以上であり, 「不利な条件」の下で健闘している地域のグループであるといえる。表右上の B グループはエネルギー集約産業シェアが平均以上であるが電力効率は平均未満の地域のグループであり, エネルギー効率の評価では不利であることは否めない。その点を考慮すれば, B グループの地域がエネルギー効率の改善を図る際には, 産業構造が異なる C グループではなく, 地域特性が似ている B グループの中で相対的に電力効率の値が大きい広島県, 岡山県, 徳島県を参考にすることが有益であると考えられる¹⁴⁾。

表左下の C グループは, エネルギー集約産業シェアも電力効率も平均以上である地域のグループである。平均電力効率が1の地域は和歌山県を除いてすべて C グループに入っていることから, C グループがエネルギー効率上は有利な産業構造をもつ地域であると考えられる。C で電力効率が1でない地域の改善策を考察するためには, 地方部の地域 (例えば山形県や鳥取県など) は C グループの中で効率的な滋賀県, 奈良県, 長崎県を効率化の参考にし, 都市部の地域 (例えば埼玉県や神奈川県など) は東京都や愛知県を参考することが

14) DEA では, 非効率的な経済主体の改善策を考える上で, 参照集合 (reference set) とよばれる効率的な経済主体に着目する手法もあるが, ここではエネルギー集約産業シェアを考慮する関係上, この手法は用いない。

有益であると考えられる。栃木県や群馬県などは地方部と都市部の地域の間隔的な性格の地域であることから、地方部と都市部の両方の効率的な地域も参考になると考えられる。

これまでの考察からエネルギー集約産業シェアが低ければ電力効率は高い傾向にあることが示唆されるが、表右下のDグループはエネルギー集約産業シェアが平均未満であるにもかかわらず電力効率は平均未満という地域のグループである。Dグループに含まれる地域が非効率である要因として、産業構造以外の何らかの要因が働いていると考えられるが残念ながら本稿の分析からはわからない¹⁵⁾。

5. おわりに

本稿では、我が国の製造業における電力消費の効率性を全要素エネルギー生産性の枠組みで1990年度から2009年度まで都道府県別に測定した。効率性の評価では、線形計画法による包絡分析法(DEA)を用いた。

分析によって明らかになった主な結果は以下の通りである。サンプルのすべての期間で効率的であった地域は、規模に関して収穫一定の仮定の下では、愛知県と奈良県の2地域、規模に関して収穫可変の仮定の下では東京都、愛知県、滋賀県、奈良県、和歌山県、長崎県、沖縄県の7地域であった。サンプル期間を通じて削減可能な電力量は、年平均で、前者の仮定の下では22.6%、後者の仮定の下では17.2%であった。削減可能な電力量が大きかった上位3地域はどちらの仮定の下でも兵庫県、大阪府、北海道の順であった。さらに、電力効率を被説明変数とするパネルトビットモデルの実証分析によって、製造業産出額に占めるエネルギー集約産業のシェアが高いほど電力効率は低くなることがわかった。また、1人当たり所得は電力効率に正の影響を与えていた。

最後に、本稿の限界について述べよう。第1に、各地域には効率的な企業も非効率的な企業も混在していることから、都道府県ごとに集計化されたデータに基づく本稿の分析は地域全体のエネルギー効率を把握するという一次的近似という限界を有するという点である。より精緻な分析には企業ごとのマイクロデータを用いたアプローチが必要であろう。第2に、投入に関しては労働時間や資本の稼働率を考慮すべきであるが、データの制約からこれらの点が考慮されていないことである。従って、地域の景気動向によって効率性評価が過大あるいは過小となっている恐れがある。第3に、本稿の分析対象は製造業における消費電力量(kwh)の効率性であり、ピーク時の消費電力(kw)を抑制する節電についてはさらなる検

15) Dグループの地域の非効率要因として、第2節で言及した省エネルギーバリアが関係すると考えられるが、具体的には、他の地域と技術格差が存在する、付加価値率(付加価値/売上高)が小さい、企業規模が小さい、それによって新規投資のための資金調達が難しい、などの要因が予想される。

討が必要であるということである。

本稿は以上のような限界は有しているとはいえ、我が国の製造業に関して全要素生産性の枠組みで都道府県別に削減可能な電力量と電力利用の効率性を示したことは一定の意義があると考えられる。なぜならば電力をめぐる諸々の課題の解決には長い時間がかかると予想される中で、電力利用のエネルギー効率を向上させることは我が国のエネルギー問題の解決において実効性があるとなおかつ相対的に手掛けやすい政策だからである。

付記 本稿は、日本経済政策学会第69回全国大会（2012年、椋山女学園大学）の報告内容を全面的に加筆修正したものである。討論者の鳥居昭夫先生（中央大学）から大変有益なコメントを頂戴した。記して感謝の意を表したい。ただし、残された誤謬はすべて筆者の責任である。なお、本稿は科研費基盤研究C（22530253、25380346）の助成を受けた。

参考文献

- 歌川学（2011）「エネルギー消費削減の可能性とリアリティ」植田和弘・梶山恵司編『国民のためのエネルギー原論』日本経済新聞出版社、第5章。
- 戒能一成（2012）「都道府県別エネルギー消費統計の解説 2010年版」（<http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/energy/pdf/TODOFK2010.pdf>）。
- 杉山大志・木村幸・野田冬彦（2010）『省エネルギー政策論』エネルギーフォーラム。
- 刀根薫（1993）『経営効率性の測定と改善—包絡分析法DEAによる』日科技連出版社。
- 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編（2014）『EDMC/エネルギー・経済統計要覧（2014年版）』省エネルギーセンター。
- 野村浩二（2015）「経済教室 2030年の電源構成（下） 過大な省エネは国民負担」日本経済新聞、2015年3月19日。
- Aldy, J. E. (2005), "An environmental Kuznets curve analysis of US state-level carbon dioxide emissions", *Journal of Environment and Development*, 14(1), pp. 48-72.
- Charnes, A. C., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978), "Measuring the efficiency of decision making units" *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.
- Flores, C. A., Flores-Lagunes, A. and Kapetanakis, D. (2014), "Lessons from quantile panel estimation of the environmental Kuznets curve," *Econometric Reviews*, 33(8), pp. 815-853.
- Fried, H. O., Schmidt, S. S. and Yaisawarng, S. (1999), "Incorporating the operating environment into a nonparametric measure of technical efficiency," *Journal of Productivity Analysis*, 12 (3), pp. 249-267.
- Fried, H. O., Lovell, C. K., Schmidt, S. S. and Yaisawarng, S. (2002), "Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis," *Journal of Productivity Analysis*, 17(1-2), pp. 157-174.
- Honma, S. and Hu, J. L. (2008), "Total-factor energy efficiency of regions in Japan," *Energy Policy*, 36, pp. 821-833.
- Honma, S. and J. L. Hu (2009), "Total-factor energy productivity growth of regions in Japan," *Energy Policy*, 37, pp. 3941-3950.

- Honma, S. and J. L. Hu (2013), "Total-factor energy efficiency for sectors in Japan, *Energy Source Part B*, 8, pp. 130-136.
- Honma, S. and J. L. Hu (2014a), "Industry-level total-factor energy efficiency in developed countries: A Japan-centered analysis, *Applied Energy*, 119, pp. 67-78.
- Honma, S. and J. L. Hu (2014b), "A panel data parametric frontier technique for measuring total-factor energy efficiency: An application to Japanese," *Energy*, 78, pp. 732-739.
- Howarth, R. B., Andersson, B. (1993), "Market barriers to energy efficiency," *Energy Economics* 15, pp. 262-272.
- Hu, J. L., Kao, C. H. (2007), "Efficient energy-saving targets for APEC economies," *Energy Policy*, 35, pp. 373-382.
- Hu, J. L. and Wang, S. C. (2006), "Total-factor energy efficiency of regions in China," *Energy Policy* 34, pp. 3206-3217.
- Khoshroo, A., Mulwa, R., Emrouznejad, A. and Arabi, B. (2013), "A non-parametric data envelopment analysis approach for improving energy efficiency of grape production," *Energy*, 63, pp. 189-194.
- Zhang, X. P., Cheng, X. M., Yuan, J. H. and Gao, X. J. (2011), "Total-factor energy efficiency in developing countries," *Energy Policy*, 39(2), pp. 644-650.

付録

表 A1 47都道府県の電力効率性

	1990-1994年度平均		1995-1999年度平均		2000-2004年度平均		2005-2009年度平均		1990-2010年度平均	
北海道	0.608	(31)	0.534	(37)	0.516	(41)	0.352	(43)	0.503	(40)
	0.698	(33)	0.641	(40)	0.546	(46)	0.431	(47)	0.579	(44)
青森県	0.393	(43)	0.384	(45)	0.345	(46)	0.301	(45)	0.356	(45)
	0.589	(41)	0.620	(41)	0.603	(43)	0.612	(42)	0.606	(41)
岩手県	0.578	(33)	0.636	(30)	0.726	(29)	0.569	(32)	0.627	(31)
	0.638	(39)	0.709	(34)	0.758	(33)	0.742	(33)	0.712	(34)
宮城県	0.615	(30)	0.563	(34)	0.683	(32)	0.443	(41)	0.576	(35)
	0.680	(36)	0.724	(33)	0.708	(38)	0.545	(44)	0.664	(38)
秋田県	0.381	(45)	0.482	(40)	0.526	(40)	0.452	(40)	0.460	(42)
	0.482	(46)	0.557	(46)	0.622	(41)	0.735	(34)	0.599	(42)
山形県	0.757	(18)	0.772	(18)	0.944	(12)	1.000	(1)	0.868	(15)
	0.726	(30)	0.826	(23)	0.963	(18)	1.000	(1)	0.878	(23)
福島県	0.648	(26)	0.803	(15)	0.854	(21)	0.807	(21)	0.778	(22)
	0.676	(37)	0.822	(24)	0.859	(29)	0.810	(31)	0.792	(31)
茨城県	0.869	(10)	0.933	(8)	0.937	(14)	0.831	(19)	0.893	(14)
	0.895	(18)	0.953	(18)	0.947	(22)	0.838	(26)	0.908	(21)
栃木県	0.868	(11)	0.823	(13)	0.938	(13)	1.000	(1)	0.907	(12)
	0.918	(17)	0.849	(20)	0.955	(20)	1.000	(1)	0.931	(18)
群馬県	0.924	(8)	0.732	(20)	0.919	(15)	1.000	(1)	0.894	(13)
	0.951	(16)	0.800	(29)	0.964	(17)	1.000	(1)	0.929	(19)
埼玉県	0.814	(14)	0.783	(16)	0.957	(11)	0.885	(15)	0.860	(16)
	0.769	(23)	0.808	(27)	0.962	(19)	1.000	(1)	0.885	(22)
千葉県	0.998	(5)	1.000	(1)	1.000	(1)	0.999	(10)	0.999	(3)
	0.967	(14)	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)	0.992	(10)
東京都	1.000	(1)	1.000	(1)	0.977	(9)	1.000	(1)	0.994	(4)
	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)
神奈川県	1.000	(1)	1.000	(1)	0.957	(10)	0.809	(20)	0.942	(7)
	1.000	(1)	1.000	(1)	0.949	(21)	0.814	(29)	0.941	(16)
新潟県	0.539	(36)	0.573	(32)	0.582	(37)	0.522	(37)	0.554	(37)
	0.495	(44)	0.615	(42)	0.581	(45)	0.608	(43)	0.575	(45)
富山県	0.469	(38)	0.513	(38)	0.565	(39)	0.487	(39)	0.508	(39)
	0.641	(38)	0.691	(36)	0.687	(39)	0.659	(40)	0.670	(37)
石川県	0.746	(19)	0.777	(17)	0.864	(20)	0.856	(18)	0.811	(19)
	0.738	(28)	0.809	(26)	0.869	(28)	0.872	(25)	0.822	(29)
福井県	0.537	(37)	0.710	(23)	0.658	(33)	0.589	(31)	0.624	(32)
	0.748	(26)	0.831	(22)	0.754	(34)	0.781	(32)	0.779	(32)
山梨県	0.942	(7)	0.932	(9)	1.000	(1)	1.000	(1)	0.969	(5)
	0.988	(12)	0.981	(15)	1.000	(1)	1.000	(1)	0.992	(9)
長野県	0.777	(16)	0.903	(10)	0.984	(8)	0.976	(14)	0.910	(11)
	0.757	(25)	0.908	(19)	1.000	(1)	1.000	(1)	0.916	(20)
岐阜県	0.577	(34)	0.568	(33)	0.709	(31)	0.668	(28)	0.630	(30)
	0.584	(42)	0.652	(39)	0.729	(35)	0.671	(39)	0.659	(39)
静岡県	0.729	(20)	0.688	(27)	0.834	(22)	0.875	(16)	0.781	(21)
	0.698	(32)	0.701	(35)	0.907	(27)	1.000	(1)	0.827	(27)
愛知県	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)
	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)	1.000	(1)
三重県	0.691	(24)	0.724	(22)	0.884	(18)	0.983	(13)	0.820	(18)
	0.763	(24)	0.811	(25)	0.929	(23)	0.976	(20)	0.870	(24)

滋賀県	0.787 (15)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	0.947 (6)
	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)
京都府	0.854 (12)	0.868 (12)	0.988 (7)	0.990 (12)	0.990 (12)	0.925 (9)
	0.969 (13)	0.953 (17)	0.990 (15)	0.991 (19)	0.991 (19)	0.975 (12)
大阪府	0.772 (17)	0.664 (29)	0.750 (28)	0.703 (27)	0.703 (27)	0.722 (26)
	0.687 (34)	0.669 (38)	0.720 (36)	0.709 (37)	0.709 (37)	0.696 (36)
兵庫県	0.575 (35)	0.557 (35)	0.565 (38)	0.549 (34)	0.549 (34)	0.561 (36)
	0.605 (40)	0.586 (43)	0.615 (42)	0.544 (45)	0.544 (45)	0.588 (43)
奈良県	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)
	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)
和歌山県	0.891 (9)	0.895 (11)	0.912 (16)	0.992 (11)	0.992 (11)	0.922 (10)
	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)
鳥取県	0.621 (29)	0.694 (26)	0.778 (24)	0.497 (38)	0.497 (38)	0.648 (28)
	0.999 (10)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (8)
島根県	0.594 (32)	0.729 (21)	0.818 (23)	0.650 (29)	0.650 (29)	0.698 (27)
	0.895 (19)	0.990 (13)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	0.971 (13)
岡山県	0.643 (27)	0.665 (28)	0.870 (19)	0.741 (25)	0.741 (25)	0.730 (24)
	0.771 (22)	0.802 (28)	0.916 (25)	0.817 (28)	0.817 (28)	0.826 (28)
広島県	0.824 (13)	0.804 (14)	0.777 (25)	0.801 (22)	0.801 (22)	0.802 (20)
	0.859 (20)	0.834 (21)	0.810 (31)	0.813 (30)	0.813 (30)	0.829 (26)
山口県	0.720 (21)	0.702 (25)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	0.856 (17)
	0.807 (21)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	0.952 (15)
徳島県	0.422 (40)	0.430 (43)	0.503 (42)	0.395 (42)	0.395 (42)	0.437 (43)
	0.742 (27)	0.784 (30)	0.833 (30)	0.819 (27)	0.819 (27)	0.794 (30)
香川県	0.699 (23)	0.710 (24)	0.766 (26)	0.729 (26)	0.729 (26)	0.726 (25)
	0.956 (15)	0.953 (16)	0.909 (26)	0.940 (22)	0.940 (22)	0.940 (17)
愛媛県	0.393 (44)	0.422 (44)	0.495 (43)	0.544 (35)	0.544 (35)	0.463 (41)
	0.489 (45)	0.568 (45)	0.589 (44)	0.451 (46)	0.451 (46)	0.524 (46)
高知県	0.405 (41)	0.468 (42)	0.412 (44)	0.247 (46)	0.247 (46)	0.383 (44)
	0.988 (11)	0.994 (12)	0.985 (16)	0.970 (21)	0.970 (21)	0.984 (11)
福岡県	0.672 (25)	0.610 (31)	0.631 (35)	0.617 (30)	0.617 (30)	0.633 (29)
	0.732 (29)	0.687 (37)	0.714 (37)	0.717 (35)	0.717 (35)	0.712 (33)
佐賀県	0.719 (22)	0.746 (19)	0.758 (27)	0.746 (23)	0.746 (23)	0.742 (23)
	1.000 (1)	0.983 (14)	0.927 (24)	0.911 (24)	0.911 (24)	0.955 (14)
長崎県	0.971 (6)	0.995 (7)	0.911 (17)	0.864 (17)	0.864 (17)	0.935 (8)
	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)
熊本県	0.632 (28)	0.553 (36)	0.639 (34)	0.568 (33)	0.568 (33)	0.598 (33)
	0.703 (31)	0.730 (32)	0.763 (32)	0.651 (41)	0.651 (41)	0.712 (35)
大分県	0.399 (42)	0.472 (41)	0.720 (30)	0.745 (24)	0.745 (24)	0.584 (34)
	0.686 (35)	0.773 (31)	1.000 (1)	0.933 (23)	0.933 (23)	0.848 (25)
宮崎県	0.289 (46)	0.283 (47)	0.308 (47)	0.328 (44)	0.328 (44)	0.302 (46)
	0.449 (47)	0.458 (47)	0.473 (47)	0.693 (38)	0.693 (38)	0.518 (47)
鹿児島県	0.466 (39)	0.510 (39)	0.630 (36)	0.524 (36)	0.524 (36)	0.533 (38)
	0.550 (43)	0.586 (44)	0.674 (40)	0.711 (36)	0.711 (36)	0.630 (40)
沖縄県	0.265 (47)	0.301 (46)	0.392 (45)	0.238 (47)	0.238 (47)	0.299 (47)
	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)
全体	0.682	0.700	0.765	0.721	0.721	0.717
	0.793	0.822	0.855	0.846	0.846	0.829

(注) 上段は CRS 電力効率, 下段は VRS 電力効率を示す。カッコ内は各期間における順位を示す。

表 A2 基本統計量

変数	平均	標準偏差	最小	最大	観測数
労働	200,296	181,223	23,901	973,823	940
資本ストック	7,047,985	7,056,793	462,795	43,837,762	940
電力	35,329	31,576	2,722	157,491	940
電力以外のエネルギー	101,118	160,302	2,053	981,497	940
産出高	6,151,711	6,682,882	495,436	48,895,523	940
CRS 電力効率	0.717	0.223	0.187	1.000	940
VRS 電力効率	0.829	0.173	0.299	1.000	940
エネルギー集約産業 シェア対数値	2.944	0.467	1.712	3.880	940
1人当たり所得対数値	14.841	0.145	14.499	15.410	940

(注) CRS 電力効率と VRS 電力効率は本稿の計算による。

A2 データの出所と構築

本稿のモデルでは、各地域の製造業が労働、資本、電力、電力以外のエネルギーを投入して生産を行っているものと仮定される。電力消費を減少させたからといって、他のエネルギー投入が増加することは望ましいとはいえないことから、電力以外のエネルギーを投入要素として入れた。電力以外のエネルギーは石炭、石炭製品、石油製品、天然ガス、都市ガス、再生可能・未活用エネルギー、熱のエネルギー単位の合計である。本稿のサンプル期間は1990年度から2009年度までの20年間である。データの出所と構築は以下の通りである。表 A2は各変数の基本統計量である。

(1) エネルギーデータ

各都道府県の消費電力量と電力以外のエネルギー消費量は資源エネルギー庁『都道府県別エネルギー消費統計』を用いた。ここでの電力には、『都道府県別エネルギー消費統計』の定義から一般電気事業者などから供給された電力も工場などの自家発電も含まれる。統計では、各エネルギーの消費量が TJ (テラジュール) 単位で記載されているので、電力と電力以外のエネルギー消費に集約した。ただし、潤滑油やアスファルトのような非エネルギー利用の消費量は除外した。

『都道府県別エネルギー消費統計』では、製造業は①化学・化繊・紙パルプ、②鉄鋼・非鉄・窯業土石、③機械、④重複補正、⑤他業種・中小製造業と分類されている。製造業ではしばしば1つの事業所で複数の業種にわたって生産が行われるが、その調整のために重複補正に負値のエネルギー消費量が計上されている(くわしくは戒能(2012, 10ページ)を参照)。これを各部門のエネルギー消費量あるいは付加価値で上記の①、②、③、⑤の4部門に按分することも試みたが、地域によってはエネルギー消費量が負値となる産業が生じてしまった。そこで重複補正の按分は行わずに、製造業全体について分析した。

(2) 経済データ

各都道府県の製造業の産出は『工業調査統計』の産業中分類による「製造品出荷額等」を用いた。労働は、経済産業省『工業統計調査』産業編データの産業別統計表(産業中分類別)の産業別従業者数(人)を用いた。資本ストックは内閣府『都道府県別経済財政モデル(平成23年度版)』の民間企業資本ストックのうち製造業の資本ストックを用いた(2005年基準価格, 百万円)。各都道府県の製造業とそ

の中でのエネルギー集約産業シェアは『工業調査統計』の産業中分類による「パルプ・紙・紙加工品製造業」, 「化学工業」, 「窯業・土石製品製造業」, 「鉄鋼業」, 「非鉄金属製造業」の合計が製造業全体の「製造品出荷額等」に占める割合を計算して用いた。ただし, 『工業調査統計』の産業中分類は従業員数4人以上の事業所を対象としている。『工業調査統計』では, 統計上の秘匿処理によって一部の地域は産業中分類による「製造品出荷額等」が秘匿扱いとなっている。これらの数値は非常に小さいとみなしてエネルギー産業割合ではゼロとしている。

1996年度から2009年度の1人当たり所得は, 『県民経済計算』(2000年基準計数)の「1人当たり県民所得」を県内総生産(支出側, デフレーター: 固定基準年方式)で2000年価格(百万円)に実質化した。1995年度以前の1人当たり所得は, 1990年度—2003年度(1995年基準)のデータをデフレータのリンク係数を作成して2000年価格に実質化した。