

<新モデル紹介>

中期電力需要予測モデル

キーワード：電力モデル，エネルギー需要，家電指標，成長曲線，電力シフト，自家発電力，価格弾力性，所得弾力性

阿波田 禾積 服部 常晃
桜井 紀久

[概要]

需要種別の特性に従い disaggregate した電力需要モデルの開発を行った。

このモデルは、エネルギー需要をも同時に決定するため、部門別・産業別のいわゆる電力シフト（電力比率変化）の動向についても計測できる。

産業部門は9分割され、自家発電力需要も計測される。また、家庭部門（電灯）は家電指標を陽表化したモデル構成となっている。

セクター・モデルの性格を有する本モデルの現実追跡力はかなり良好である。

1. はじめに
2. モデルの概要
 - 2.1 需要の部門分割
 - 2.2 モデルの基本的構造
3. モデルの特徴
 - 3.1 家庭電化指標と電灯需要
 - 3.1.1 モデル
 - 3.1.2 推定結果
 - 3.2 産業用電力需要の変化とモデルの特徴
 - 3.2.1 モデル
 - 3.2.2 生産・価格弾力性
4. モデルの現実追跡力
 - 4.1 民生部門
 - 4.2 産業部門
5. むすび

1. はじめに

石油ショックを契機に、わが国のエネルギー・電力需要構造は著しい変貌をとげた。その特徴は、①エネルギー需要全体に占める電力需要の比率の上昇、いわゆる電力シフト傾向と、②総エネルギー需要、電力需要ともに GNP 乖離現象が生じたことである。

第一次石油危機以前（昭和 40～48 年度）においてはエネルギー、電力需要ともに GNP を

上回る伸びを示していたが、石油危機後、省エネルギーの進展、産業構造の変化などによって総エネルギー需要の伸びは著しく小さいものとなり、エネルギー需要全体に占める電力の割合が増加した。昭和 40 年から昭和 57 年の総エネルギー需要の伸び率は 4.6%/年 であるのに対し、電力需要の伸びは 6.8%/年 になっており、電力比率（全エネルギーに占める電力の割合＝1次エネルギーベース）はその間に 29% から 38% に増加している。

これらのエネルギー・電力需要構造の変化は、主として産業構造の変化、エネルギー間の相対価格の変化、エネルギー利用技術の変化等の要因に起因するものである。また、エネルギー・電力需要構造の変化は、民生部門、産業部門あるいは各産業毎に異なったパターンをとっている。

本研究では、このような経済の各部門で生じたエネルギー・電力需要構造の変化要因の解明と、今後の電力需要および電力シフトの展望をより正確に行うため、「電力需要モデル（計量経済モデル）」の開発を行った¹⁾。

2. モデルの概要

2.1 需要の部門分割

需要種別については、電力需要の一般的な分類法に依拠し、表 2.1 のように分割した。とくに産業用電力に関しては、産業構造の変化、および産業毎の電力シフトの効果を検討しうるようにさらに部門分割を行っている。最近のエネルギー・電力需要構造の変化の大きな特徴として、産業構造の変化すなわちエネルギー・電力多消費型の鉄鋼、非鉄、化学等の産業の相対的沈下傾向に基づく需要の鈍化、あるいは電力とその他エネルギー間の相対的な需要動向の違いや燃料間代替から生ずる電力シフト傾向があげられる。これらの要因を解明するには、エネルギー・電力需要の変化が激しく、また部門毎に異なった動きを示している産業需要（大口電力）をある程度ディスアグリゲートした形で把握しておくことが必要である。

われわれの需要分割は通常の種類法と若干異なる点がある。1つは、深夜電力需要についてである。これは通常は（C）のその他電力の臨時電力、農事用電力、建設工事用電力等、一項

表 2.1 電力需要の部門分割

(A) 電灯需要

(1) 電 灯 需 要
(2) 深 夜 電 力

(B) 電力需要

(3) 業 務 用 電 力
(4) 小 口 電 力 計
①小口電力(低圧)
②小口電力(高圧)

(5) 産業用電力計(大口計)

(電気事業者、その他、自家発) (購入電力分) (自家発分)

① 食 料 品	食 料 品	食 料 品
② 織 維	織 維	織 維
③ 化 学	化 学	化 学
④ 窯 業・土 石	窯 業・土 石	窯 業・土 石
⑤ 鉄 鋼	鉄 鋼	鉄 鋼
⑥ 非 鉄	非 鉄	非 鉄
⑦ 紙・パルプ	紙・パルプ	紙・パルプ
⑧ 機 械	機 械	機 械
⑨ その他産業	その他産業	その他産業

(C) その他電力

(D) 電灯・電力計

目として分類される。深夜電力は第2次石油危機後やや鈍化傾向にあるが、過去年平均12%近い伸びを示し、その他電力の中でも極端にウェイトが高いため特掲して推定を行った。したがって、(C)のその他電力はその分通常の種類によるよりはウェイトが小さくなっている。

もう1つは、産業用電力についてである。産業用電力需要を考える場合に、他の民生用需要と異なる点は、各産業はそれぞれが自家用の発電設備をもっていることである。わが国のこの産業用の自家発電電力消費量は、産業全体の総電

1) 本研究は主として経済企画庁からの受託研究の成果に若干モデルの修正を加えたものである。経済企画庁、〔1〕参照。

力消費量の約2割を現在占めている。産業用の電力需要の総計はこの各産業の自家発電力分と電気事業者からの購入分との合計である。

2.2 モデルの基本的構造

まず、モデルの基本的な性格についてであるが、モデルでは本質的には、マクロ経済の諸変数および各経済主体（家計、企業等）の行動により決定されるエネルギー以外の諸変数は外生的に決定され、これらの諸変数の変化に対応する電力需要、エネルギー需要を決定することを目的としている。すなわち、経済成長率、産業構造あるいはエネルギー価格等の変数のセットが外生的に1つのシナリオとして設定されると、それに対応するエネルギーおよび電力需要のレベルを決定する。いわば通常の計量モデル分析のタームでいえば、マクロ計量モデルを親モデルとすれば、そのエネルギー・サブモデルを構成（需要に限定して）することを目的としている。

モデルの構造方程式の各パラメータは、原則として、1965年度～82年度の18個の標本観察値を用いて推定されている。モデルの方程式の数は定義式を含めて約60本である。このように、モデルの規模が大きくなっているのは、主として（1）産業部門を9部門に分割したこと、（2）電力比率を求めるため総エネルギー需要関数を推定している、ためである。

モデルの基本的な構造は、図2.1のフローチャートに示す通りである。

モデルの基本的な考え方は、次式に示す通りである。

<総エネルギー需要関数>

$$E_i = E_i [Pe_i, Y_i, E_{i-1}, SE_i]$$

<電力需要関数>

$$EL_i = U_i (Pel_i, Y_i, W, SE_i) K_i$$

$$K_i = K_i [Pel_i / Peo_i, Y_i, SE_i]$$

<電力比率>

$$REK_i = \frac{EL_i \cdot \eta}{E_i}$$

E_i …総エネルギー需要 (kcal)

EL_i …電力需要 (kWh)

K_i …電力利用機器ストック指標 (契約kW, 家庭電化指標)

Pe_i …総エネルギー価格 (エネルギー消費費ウェイトによって加工作成)

Pel_i …電気料金

Y_i …所得, 生産

W …気温

Peo_i …競合エネルギー価格

SE_i …その他変数

η_i …エネルギー変換率 (kcal/kWh)

(i は需要部門を示す)

各部門の需要関数は、上記のような極めてシンプルなモデルで構成されている。電灯、業務

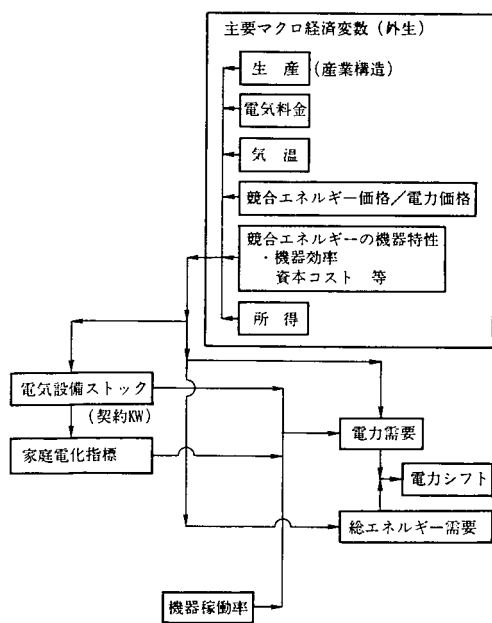


図 2.1 モデルのフローチャート

用電力、小口電力には、上記のような電力利用機器ストックを示す指標が明示的にモデルに組み込まれている点の特徴である。とくに、電灯需要に関しては、後述するように多品目にわたる電気機器から家庭電化指標を作成し、それを成長曲線（ゴムベルツ曲線）で近似する試みをおこなっている。

他方産業部門については、できうる限りのデイス・アグリゲーションをおこない、各産業のエネルギー、電力需要の構造を解明し、全体として産業構造の変化がエネルギー、電力需要に与える効果を測定しうることを目的としてモデルを構成している。

さらに、モデルの本質的な性格にかかわる点であるが、われわれのモデルでは、電力比率の変化は次のような形で把握される。

まず、各部門の電力比率の変化は、総エネルギーおよび電力需要関数の生産・自己価格弾力性の差異によって生じる電力と他のエネルギーの相対的な需要量の変化に依存する。さらに、とくにエネルギー間の代替が強い部門（たとえば、家庭部門のガスと電力など）については、電力需要関数に競合エネルギーとの相対価格を導入することによって直接的な電力シフトが計測される。

モデルのテストの結果は、上記のようなシンプルなモデルで極めて良好に観察期間の各部門の電力比率の変化を追跡している。このことは、各部門の電力シフト現象が相対的な需要変化の結果という要因が強いことを示唆している。また、より直接的な燃料間代替を定式化したモデル（例えば、trans・log型のシェア関数）の多くの推定結果も、各燃料間の代替関係は石油危機以後強まる傾向にあるが、産業部門などでは各燃料間のシェアの変化は、燃料間の

交叉価格弾力性よりも自己価格弾力性（とくに石炭で大）の効果が大きく、燃料間代替も化石燃料間（石油—石炭）の代替関係が支配的であることを示している²⁾。これらの結果は、過去の電力比率の増大（電力—その他燃料比率の変化）が相対的な要因にあることを示唆している。

しかしながら、民生、産業両部門の加熱需要を中心として燃料間の代替関係は強まる傾向にあり、モデルの本来の目的である他エネルギーとの関係を重視した電力需要決定を目指すためにも、燃料間代替をどう定式化するかは、モデルの今後の重要な課題であることは間違いない。

以下、モデルの特徴的な点と、推定結果及びモデルのテストについて述べる。

3. モデルの特徴

3.1 家庭電化指標と電灯需要

3.1.1 モデル

電灯需要については、家電機器ストックを明示化した新たなモデルを開発した。一般にストック型モデルは次の恒等式を出発点とする³⁾。

$$D = \sum_i R_i \cdot K_i \\ = \sum_i H_i \cdot W_i \cdot K_i$$

2) たとえば、比較的最近の分析の代表的なものとして Denny, M., Fuss, M., and Waverman, L., [7] の計測例がある。

この計測は、アメリカ、カナダの製造工業の 18~20 業種について、プーリング・データを使用して行われたものである。

3) 機器ストックを導入したモデルでは、一般に、右辺の各要因はいくつかの経済的・技術的変数で説明できるよう定式化される。しかし、実際には、①特定機器に限定する場合は別として、全ての機器に関する稼働率などの時系列データを得ることは困難であること、②ミクロ的なデータを用いるほど個々の推定式の誤差が累積しやすいこと、③予測に際してのモデルの操作性が低いこと、などの問題点がある。

特定用途向電灯需要の分析例として、文献〔3〕を参照のこと。

ここで、 D ：電灯需要量、 R ：機器一台当り電灯使用量（機器原単位）、 K ：機器保有台数、 H ：機器使用時間（稼働率）、 W ：機器容量（技術効率）、 i は各機器を表わす。

いま、上式をマクロ的な観点から次式におきかえる。

$$D=R \times K$$

ここで、 K ：機器の集計的総保有量（ $= \sum_i K_i$ ）、 R ：集計的機器一台当り電灯使用量（機器総合原単位）。

上式のうち、機器総合原単位 R を次のように定式化する。

$$R=f(Y, P, Z)$$

ここで、 Y ：家計実質所得、 P ：電気料金の相対価格、 Z ：その他要因（技術効率など）。

そうすると、電灯需要関数は、

$$D=f(Y, P, Z, K)$$

と表わされる。

一方、機器の総保有量については、そのすう勢のパターンに注目して、成長曲線で近似しよう（図 3.1 参照）。いま、ゴムペルツ曲線を採用

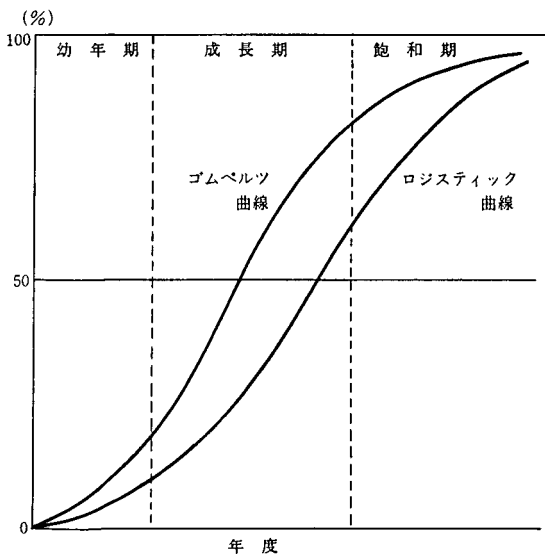


図 3.1 成長曲線の概念図

すると、

$$K=M \cdot \alpha^t$$

となる。ここで、 M ：機器総保有量の上限値（曲線上の変曲点から推計）、 t ：タイムトレンド、 $\alpha \cdot \beta$ ：推定パラメータ。

したがって、電灯需要量は、基本的にはこの二本の連立式より求められる。

ゴムペルツ曲線の推定に際しては、集計的機器総保有量として、55年度の機器別原単位（各機器一台当り平均使用量）でウェイト付けした機器保有量の合計値を用い、これを家電指標とよぶ⁴⁾。

さらに、家電指標については、戦後の二回の電化ブーム期における主役的な機器の種類に従って、家電機器をおおまかに二つにグループングし、二つの家電指標を作成する。そして、その各々についてゴムペルツ曲線を適用する。

なお、家電指標の作成方法は次の通りである。

$$INDU=INDUA+INDUB$$

$$INDUA=(164.3 AG+643.6 AR$$

$$+145.8 AK+11.6 AF$$

$$+40.5 AB+35.8 AW$$

$$+91.6 AV+90.3 ATC$$

$$+50.7 ATD) \times UJ/100$$

$$INDUB=(328.8 AC+85.9 AO$$

$$+79.0 ATB+296.6 ATA)$$

$$\times UJ/100$$

4) この家電指標は、kWh表示になるが、機器別原単位が固定されているため、原単位ウェイトを用い集計化された機器保有台数を表わしている。したがって、このモデルでは、機器の保有台数（全国計）が一定の条件の下に飽和化することが暗黙に仮定されている。この仮定は、既存型機器を分析の対象とし、世帯数（ないし契約口数）の伸びの横ばいを前提とすると、容認できるであろう。

通常、成長曲線（ゴムペルツ曲線など）は、上限値の制約という点から、「普及率」データに適用される。普及率データによる計測も行ったが、その結果は良好とはいえないものであった。

ここで、INDU：家電指標（計）、INDUA：家電指標Ⅰ（第1次電化ブーム型機種）、INDUB：家電指標Ⅱ（第2次電化ブーム型機種）、UJ：電灯契約口数、AG：電気釜（普及率、以下同じ）、AR：電気冷蔵庫、AK：電気こたつ、AF：扇風機、AB：電気毛布、AW：電気洗濯機、AV：電気掃除機、AO：電子レンジ、AC：クーラー、ATA：カラーTV（一台目）、ATB：

カラーTV（二台目）、ATC：白黒TV（一台目）、ATD：白黒TV（二台目）。

3.1.2 推定結果

以上のような定式化に従う家庭電化指標と、電灯需要の推定結果は次の通りである。また、推定結果を図示したのが図3.2および図3.3である。これらの結果は、この定式化による説明力が極めて高いことを示している。

(1) 電灯需要

$$\begin{aligned} \log(\text{DHDZ}) = & -4.93682 + 0.955908 \log(\text{CP}) - 0.180204 \log(\text{PEH}/\text{PGA}) \\ & (-7.44) \quad (4.44) \quad (-3.21) \\ & + 0.306413 \log(\text{INDU}(-1)) \\ & (2.06) \end{aligned}$$

$$S = 0.0192 \quad \bar{R}^2 = 0.998 \quad D - W = 1.40$$

(2) 家電指標Ⅰ（第1次電化ブーム型機種）

$$\begin{aligned} \text{YINDUA} = & 5.36688 - 0.129505 \text{ TIME} \\ & (69.19) \quad (-79.11) \end{aligned}$$

$$S = 0.045 \quad \bar{R}^2 = 0.997 \quad D - W = 0.173$$

$$\text{ただし、YINDUA} = \log(\log(34576.8 * \text{EXP}/\text{INDUA}))$$

(3) 家電指標Ⅱ（第2次電化ブーム型機種）

$$\begin{aligned} \text{YINDUB} = & 8.43946 - 0.173495 \text{ TIME} \\ & (48.28) \quad (-47.03) \end{aligned}$$

$$S = 0.102 \quad \bar{R}^2 = 0.991 \quad D - W = 0.272$$

$$\text{ただし、YINDUB} = \log(\log(26721.4 * \text{EXP}/\text{INDUB}))$$

(4) 家電指標（計）

$$\text{INDU} = \text{INDUA} + \text{INDUB}$$

3.2 産業用電力需要の変化とモデルの特徴

3.2.1 モデル

石油危機以降、産業用のエネルギー、電力需要は民生部門に比して極めて大きな変化を示した。図3.4および図3.5は、産業部門（製造業）の生産の動向とエネルギー、電力需要の相関を図示したものである。

これらの図から、産業部門においてエネルギー、電力需要構造の変化として次のような特徴が見い出せる。

(1) 石油危機以降、エネルギー、電力共に需要の低下がみられるが、総エネルギー需要は第一次石油危機の後、すでに生産指数との乖離現象が生じているが、電力需要に関しては第二次石油危機以降の乖離が顕著である。

(2) 総エネルギー需要は、石油危機以降、第一次石油危機勃発時の昭和48年の需要水準を下回って推移しているが、電力需要は昭和50～54年の景気回復期には需要水

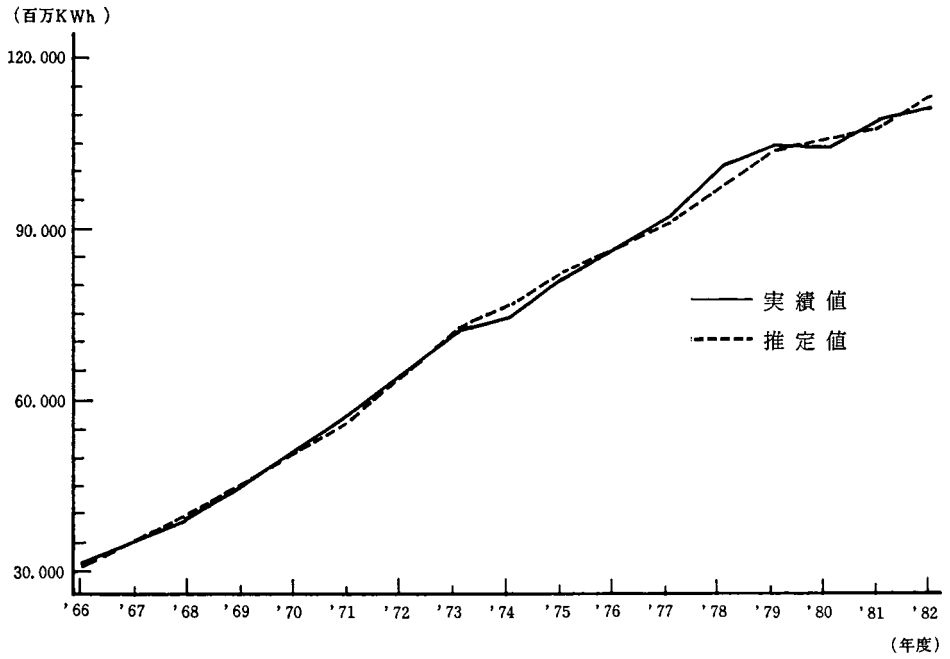


図 3.2 電灯需要 (DHDZ)

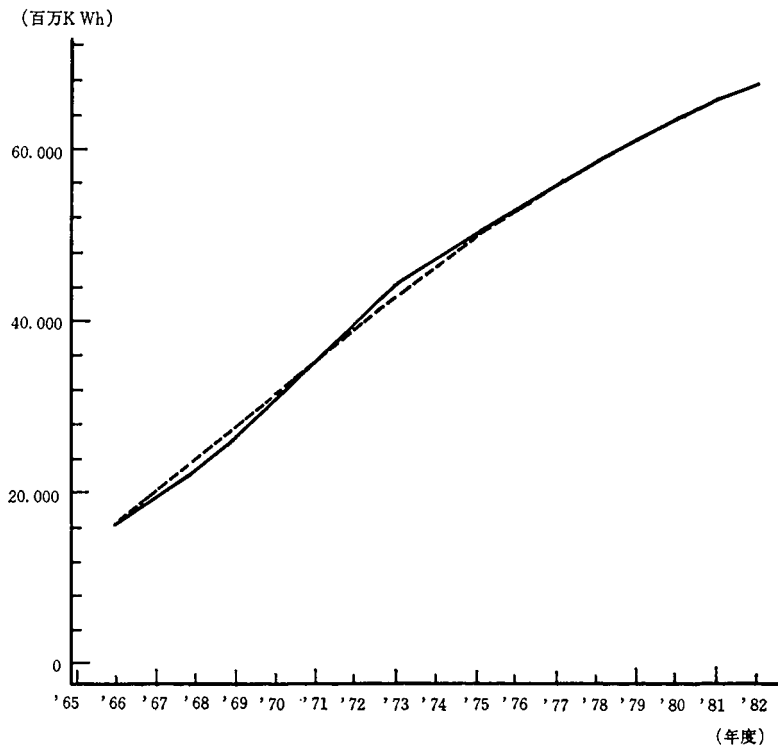


図 3.3 家庭電化指標 (INDU)

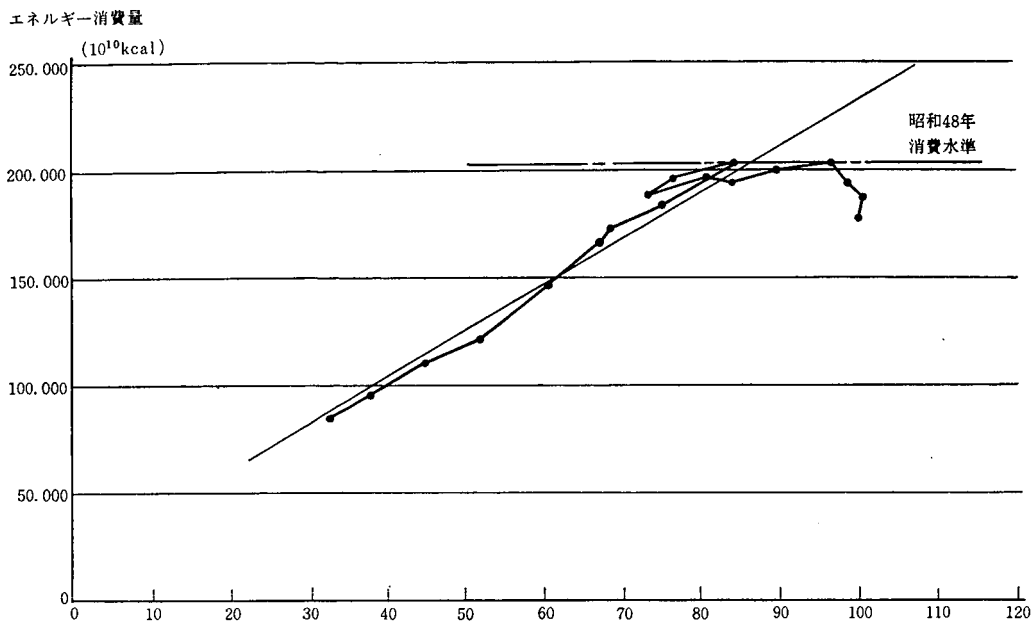


図 3.4 エネルギー消費量-生産指数 (製造業計)

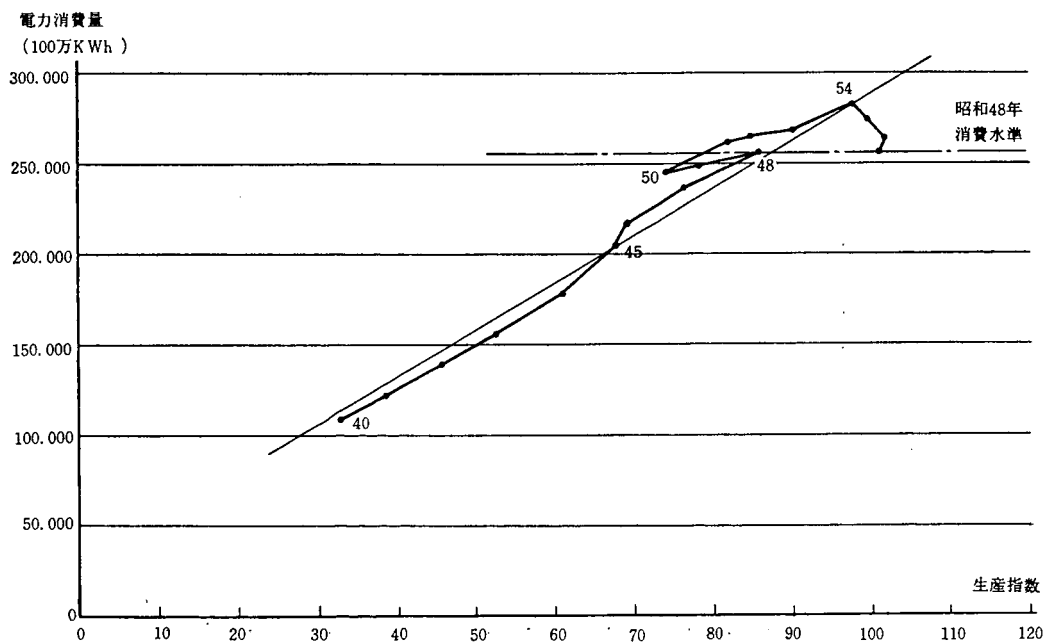


図 3.5 電力消費量-生産指数 (製造業計)

準も回復し、第二次石油危機によって需要水準は再び昭和48年の水準まで低下している。

このような電力と他のエネルギーの需要の変化の違いによって、産業部門の電力シフト（総エネルギーに占める電力需要の比率の増大化）が生じていることが推測される。

- (3) さらに、第一次石油危機直後は、生産の低下とエネルギー、電力需要の低下が生じているが、第二次石油危機直後には、生産増にもかかわらず、エネルギー、電力需要の低下現象が生じるという特徴が見い出せる。

このうち(3)の現象は、各産業の原油価格の上昇に対する反応（価格効果）の大きさと第一次石油危機以降の省エネルギー行動の一層の進展を示唆するが、その一方で極めて注意を要する点がある。それは、この時期のエネルギー電力需要の変化が、石油危機によってもたらされた産業構造の変化に相当影響を受けていると考えられるからである。

すなわち、第二次石油危機時の製造業計の生産の上昇は、エネルギー価格の変化の影響を比較的受けにくい機械工業が、輸送機械などの海外需要の伸びを基盤として成長するという産業構造の変化に起因しているものと思われる。他方、製造業全体でみたエネルギー、電力需要は、エネルギー依存度の高い素材型産業の需要水準に依存している。これらの産業では、第一次石油危機の時と同様に第二次石油危機後もエネルギー価格の上昇とそれによる生産減少によるエネルギー、電力需要の低下は大きく、これらの要因によって、製造業全体でみた場合の生産増加—エネルギー、電力需要の低下という関

係が引き起こされているといえるであろう。

このことは、産業部門におけるエネルギー、電力需要の分析にとって、製造業計のデータのみを用いた分析の危険性を示唆している。すなわち、産業部門のエネルギー、電力需要の分析にとっては、上記のような産業構造の変化の効果を明確にするための何らかの産業のディスアグリゲーションが必要であることが指摘される。たとえば、製造業計のデータを用いて推計されたエネルギー、電力需要の価格弾力性は、製造業全体のエネルギー消費行動を示すというよりは、産業構成(industrial mix)の変化の効果を強く含んでいる可能性があるからである⁵⁾。

われわれはこのような視点から、産業部門を9部門に分割し、総エネルギーおよび電力需要について、CES型生産関数から導出されるシンプルな総エネルギー派生需要関数を用いた⁶⁾。

$$Y = A \cdot e^{t\sigma} (\alpha E^{-\rho} + (1-\alpha)V^{-\rho})^{\frac{1}{\rho}} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} (P_E/P_V) &= (\partial Y/\partial E)/(\partial Y/\partial V) \\ &= \frac{\alpha}{1-\alpha} \left(\frac{V}{E}\right)^{1+\rho} \quad (2) \end{aligned}$$

$$E = \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^{\frac{1}{1+\rho}} (P_V/P_E)^{\frac{1}{1+\rho}} V \quad (3)$$

$$\ln E = C_0 + \sigma \ln(P_V/P_E) + \ln V \quad (4)$$

5) たとえば、D. R. Bohi [8]によれば、産業計のデータによる推定結果は、タイム・シリーズあるいは地域特性を示すクロスセクション・データのいずれの場合も、産業構成(industrial mix)の効果が価格弾力性に影響を与えることを指摘している。同様に各産業の推定結果は、製品構成(Product mix)の効果が価格弾力性に影響を与えるものと考えられる。

6) この(4式)において、 C_0 は定数項、また価格の弾力性 $\sigma\left(=\frac{1}{1+\rho}\right)$ は、エネルギーと付加価値の代替弾力性と考えることができる。すなわち、資本、労働をセットとした本源的な生産投入要素とエネルギーの代替可能性のおおよその尺度とみなすことができる。ただし、エネルギーと資本・労働の間に共通の代替弾力性 $(\sigma_{KE} = \sigma_{LE})$ という極めてきびしい仮定が置かれていることに注意を要する。

ここで、

Y …粗生産

E …総エネルギー、電力、消費量

V …付加価値

P_E …総エネルギー価格、電力価格

P_V …付加価値価格

モデルでは、この CES 型の生産関数から導出された総エネルギー需要関数に、動学的な要素を導入するために、簡単なコイック (Koyck) 型分布ラグを考慮した⁷⁾。

$$E_t^* = C_0 (P_V/P_E)_t^\sigma V_t^\beta \quad (5)$$

$$\frac{E_t}{E_{t-1}} = \left(\frac{E_t^*}{E_{t-1}^*} \right)^\lambda, \quad 0 < \lambda < 1 \quad (6)$$

$$E_t = E_t^* \lambda E_{t-1}^{(1-\lambda)} \quad (7)$$

$$\ln E_t = \alpha^* \lambda + \sigma \lambda \ln (P_V/P_E)_t + \beta \lambda \ln V_t + \gamma \ln E_{t-1} \quad (8)$$

$$\alpha^* = \ln \alpha$$

3.2.2 生産・価格弾力性

各産業別に推定された総エネルギー需要関数、電力需要関数 (自家発電) の結果から、計測される長期・短期の生産および価格弾力性を一括して示したのが表 3.1 である。

生産、価格の弾力性について主要な特徴を要約すると次の通りである。

- (1) 生産弾力性は化学工業を除けば、各産業で電力需要の生産弾力性の方がその他のエネルギーを含めたそれよりも大きい。この性質は、短期、長期の生産弾力性について共通である。
- (2) 電力需要の短期生産弾力性は、最も低い化学の 0.285 を別とすれば、おおむね 0.45~1.00 の範囲におさまる。他方、その他エネルギーを含む総エネルギー需要の短期生産弾力性はすべての産業が 0.20~0.55 の範囲におさまる。

表 3.1 産業用電力需要の弾力性 (需要モデル)

	生産弾力性		価格弾力性		調整係数
	短期	長期	短期	長期	
化学	0.285 (0.545)	0.507 (0.922)	0.240 (0.418)	0.427 (0.707)	0.562 (0.581)
鉄鋼	0.563 (0.156)	1.110 (0.716)	0.339 (0.310)	0.669 (1.422)	0.507 (0.218)
繊維	— (0.225)	1.483 (0.603)	— (0.057)	0.154 (0.153)	— (0.373)
紙・パルプ	0.686 (0.248)	0.986 (0.436)	0.062 (0.260)	0.089 (0.457)	0.696 (0.569)
食料品	0.825 (0.289)	2.750 (0.664)	0.067 (0.099)	0.223 (0.228)	0.300 (0.435)
非鉄	0.456 (0.263)	0.759 (0.411)	0.090 (0.176)	0.150 (0.275)	0.601 (0.640)
機械	0.613 (0.440)	0.920 (0.578)	— (0.203)	— (0.267)	0.666 (0.761)
窯業・土石	— (0.488)	1.587 (0.734)	— (0.201)	0.146 (0.302)	— (0.665)

注) 上段の数字は電力需要の弾力性、下段の数字は総エネルギー需要の弾力性を示す。

- (3) 電力需要の長期生産弾力性は、食料品の 2.75 を別とすれば、0.5~1.6 の範囲に各産業がおさまる。他方、総エネルギー需要の長期生産弾力性は、0.4~0.92 の範囲で、すべての産業で 1 を下回っている。
- (4) 次に価格弾力性についてみると、鉄鋼、繊維工業の例外はあるが、その他の産業では共通に、短期、長期とも総エネルギー需要の価格弾力性が電力のそれを上回って大きい。
- (5) 電力および総エネルギー需要の短期価格弾力性は、ほぼ 0~0.45 の範囲にすべての産業がおさまる。
- (6) 電力および総エネルギー需要の長期価格弾力性は、弾性値の高い化学、鉄鋼を別

7) このモデルは、ある望ましい需要水準に現実の需要を近づけようとする需要側の試行結果としてエネルギー需要をとらえるものである。そして価格・所得等の変化のエネルギー需要に対する効果も、このような調整に対する即応的な短期的効果と調整完了後の長期的効果に区分される。

とすれば、電力の長期価格弾力性が 0.05～0.25 の範囲、総エネルギーのそれは 0.15～0.46 の範囲に各産業がおさまる。

さて、われわれの産業をディスアグリゲートし、かつ生産水準と価格のみを説明変数とする極めてシンプルな定式化でのモデルは、後述のモデルのテストを参照されればわかる通り、観察期間にわたってかなりの説明力をもつといえる。このことは、産業用の総エネルギー、および電力需要が、第一次石油危機以降横ばいないし低下傾向にあるのは、各産業の生産水準の低下と価格変化の効果（前述の理由同様、産業内の製品構成—product mix—の効果を含むと思われる）によって、相当に説明しうることをあらわしている。

とくに、石油危機以降の産業用電力の低迷は、周知のように主としてエネルギー多消費型の鉄鋼、化学、非鉄金属の 3 業種の低迷によるものである。モデルでは、鉄鋼、化学の素材型産業の価格弾力性が他産業に比して高いことを示しており、これらの産業の石油危機以降の需要の低迷をこの価格効果と、生産の低迷による効果とによって追跡している。

4. モデルの現実追跡力

ここでは、作成された電力需要モデルのパフォーマンスを検討するために、観測期間である 1966～82 年について行った最終テスト (final test) の結果について述べる。

われわれの電力需要モデルは、基本的に他の経済変数を外生として経済の各部門の電力需要を決定する。したがって、例えばマクロ経済の計量モデルのように諸変数の因果関係は強くない。それ故、モデルのパフォーマンスは基本的に各部門の個別の電力需要方程式の統計的適合

度の高さに依存する。それでも、各部門の個別の方程式には簡単な自己回帰型の動学化がなされているし、また部門分割が細くなくされているため全体のモデルとしてのパフォーマンスはこれらの個別方程式の誤差の集積として定義されるから、当然個別方程式の統計的適合度を示す「部分テスト」のみでは不十分である。

4.1 民生部門

表 4.1 によれば、タイトルの不一致係数は、全体的に低いレベルにあり、民生用モデルの適合度はかなり高いことが分かる。推定期間が 2 度の石油危機を含む経済構造の変化の激しい時期であることを考慮すると、民生用の各電力およびエネルギー需要についての不一致係数が 1% 前後にあることは、民生用モデルの適合度が相当高く、予測用モデルとして十分に使用に耐えうることを示している。

民生用モデルについて特筆すべき点を二つだけあげておく。第一に電灯需要は、2つの家電指標との連立型モデルより決定されるが、そのパフォーマンスは前述のように著しく高い。また、ゴムベルツ曲線で近似された 2つの家電指

8) 日本電力調査委員会 (EI) の電灯需要のミクロ的分析手法は、各機器の普及率、機器別原単位などを一つ一つ推計し、これを積み上げていく方法である (文献〔2〕参照)。

今回の新たなモデルは、いわば EI 方式をマクロ的に展開した方法といえる。EI 方式との差異としては、①成長曲線を個別機器の普及率ではなく、集計化された機器の保有台数 (家電指標) に適用したこと、②この家電指標を電灯需要関数に導入したこと、③したがって、電灯需要はわずかな数本の連立方程式より求められること、などがあげられる。

なお、トータルの家電指標 (INDU) をゴムベルツ曲線で推計した結果は次の通りである。

$$YINDU = 5.33132 - 0.120053 \text{ TIME} \\ (195.50) (208.63)$$

$$S = 0.015 \quad R^2 = 0.999 \quad D - W = 0.54$$

ただし、

$$YINDU = \log(\log(30934900 \cdot \text{EXP} / \text{INDU}))$$

推定結果は著しく良好であり、家電指標を二本に分割したものより、わずかながらフィットがよい。この方式による最終テストの結果については、文献〔1〕を参照のこと。

標は、その誤差が相殺されており、トータルの家電指標 (INDU) は、実績をほぼ完全にフォローしている。たとえば、57 年度ではその絶対誤差率は 0.3% にすぎない。

12 品目を合成した家電指標を直接、ゴムベールズ曲線で近似し、これを電灯需要関数とリンクさせ、両者ともに良好な結果を得た分析結果は (公表ベースに関する限り)、わが国ではこ

れが最初であるとみられる。

第二に、業務用電力については契約電力 (需要数) を明示化したが、フロー型関数などに比べてパラメータの安定性やフィットの点で優れている。

4.2 産業部門

各産業および各変数毎の最終テストの結果の不等度 (タイトルの不一致係数) を表 4.1 に一括

表 4.1 内挿テストの結果 (ファイナル・テスト) タイトルの不一致係数

<民生部門>

変数	不一致係数	タイトルの不一致係数 (U)
電 灯 (DHDZ)		0.0085
家電指標 I (INDUA)		0.0084
家電指標 II (INDUB)		0.0206
家庭電化指標 (計) (INDU)		0.0080
深夜電力 (DHDS)		0.0122
小口電力 (低圧) (ESHL)		0.0144
小口電力 (高圧) (ESHH)		0.0059
小口電力 (計) (ESH)		0.0095
業務用電力 (ECHT)		0.0104

変数	不一致係数	タイトルの不一致係数 (U)
契約電力 (小口低圧) (KWSL)		0.0127
契約電力 (小口高圧) (KWSH)		0.0092
契約電力 (業務用) (KWCT)		0.0125
民生用エネルギー需要 (ENMIN)		0.0089
民生用電力需要 (KWHMIN)		0.0085
民生用電力依存度 (SHRMIN)		0.0235

注 1) 民生用とは、電灯+業務用を指す。

<産業部門>

	総エネルギー需要 ENI	総電力需要 AKWHI	購入電力分 KWHI	自家発分 SKWHI	電力比率 RELCT	購入電力比率 SEPI
食 料 品	0.0222	0.0115	0.0097	0.0490	0.0290	0.0044
織 維	0.0350	0.0185	0.0190	0.0920	0.0322	0.0007
化 学	0.0189	0.0156	0.0377	0.0410	0.0142	0.0287
窯業・土石	0.0269	0.0295	0.0252	0.1770	0.0323	0.0394
鉄 鋼	0.0257	0.0082	0.0195	0.0316	0.0262	0.0161
非 鉄	0.0191	0.0201	0.0250	0.0276	0.0216	0.0215
紙・パルプ	0.0142	0.0114	0.0285	0.0323	0.0138	0.0284
機 械	0.0256	0.0202	0.0202	0.0987	0.0362	0.0003
そ の 他	0.0202	0.0201	0.0179	0.0537	0.0246	0.0117
産 業 計	0.0145	0.0102	0.0159	0.0165	0.0107	0.0082

注 1) 内挿テストの期間は、1966~1982 年である。

注 2) タイトルの不一致係数は、次のように定義される。

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - A_i)^2}{\sum_{i=1}^N A_i^2}}$$

P_i : t 期の予測値 A_i : t 期の実績値 N : サンプル数

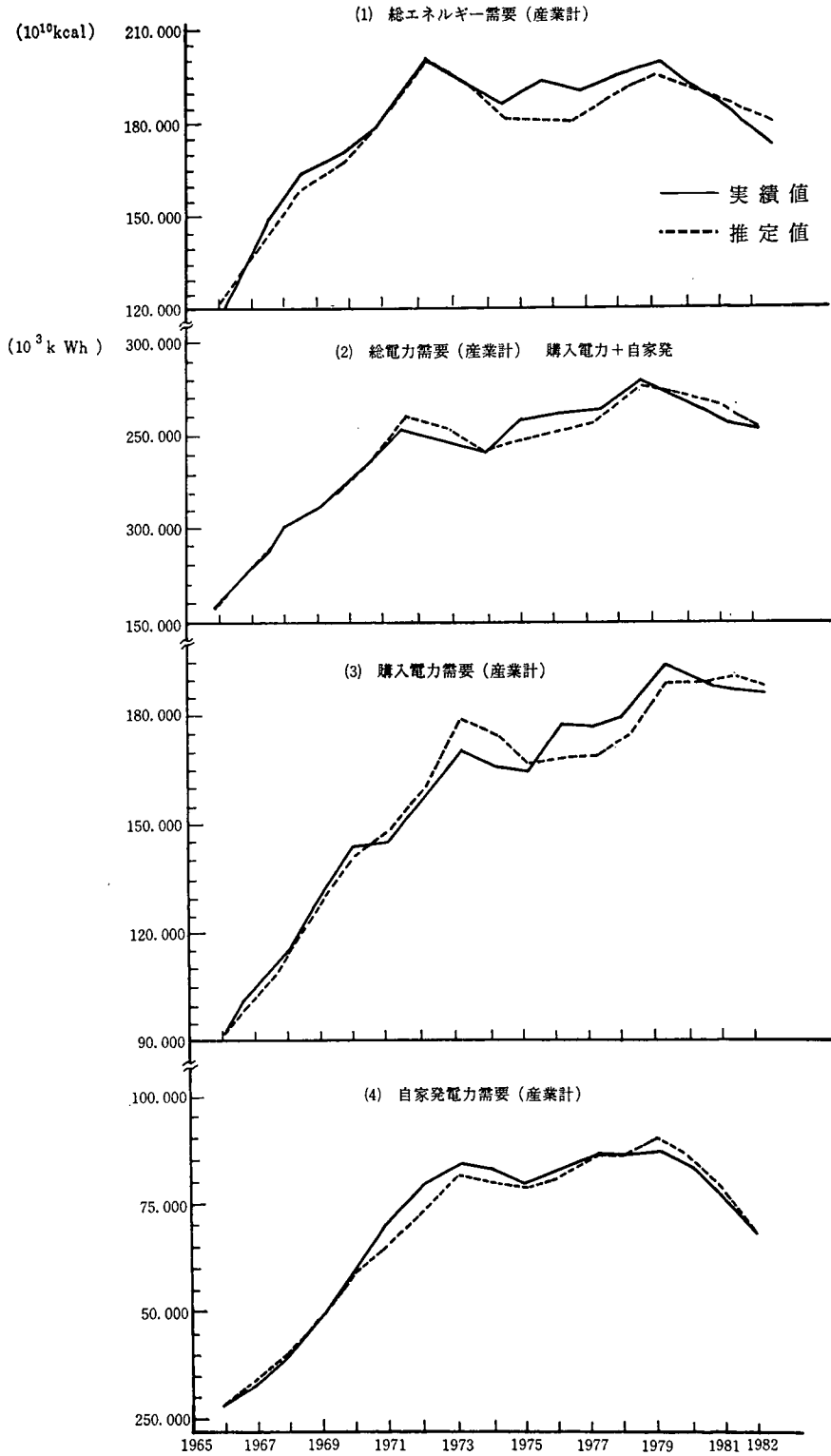


図 4.1 産業用エネルギー電力需要のテスト結果

して示している。

これによると、各産業の総エネルギー需要、総電力需要、購入電力需要（9電力計）の各変数ともテストの結果の不等度がおおむね3%未満の範囲におさまっており、繊維の総エネルギー需要と化学の購入電力需要のみが不等度3%を超えている。それでも総エネルギー、総電力需要、購入電力需要の各変数については、すべての産業で不等度が4%未満におさまるといって極めて良好な結果であるといえる。

以上のように、各産業の総エネルギー需要、電力需要に関する個々の方程式の予測力は、最終テストの結果から、極めて良好であると判断される。しかしながら、産業用の総エネルギー、電力需要に関する予測力の総合的評価を判断するには、定義式で決定される各変数の産業計の値が重要な指標となる。当然のことながら各変数の産業計の値は、個々の産業における方程式の予測誤差の集積がどの程度であるかを示しているからである。

産業計の総エネルギー需要、総電力需要、購入電力需要（9電力分）、自家発電電力需要の諸変数の最終テストの結果をみると、それぞれの不等度が1.5%、1%、1.6%、1.7%とすべて2%の範囲内（平均絶対誤差で評価すると3%未満）におさまり、十分に説明力をもつものと判断される。

次に、産業計の各変数の最終テストの結果を観察期間について実績値と対比して図示したものが図4.1である。

これによると、まず総エネルギー需要については、1975～79年の第一次石油危機以降の景気の回復期について下方に誤差が集積している傾向があるものの第一次、第二次の2度の石油危機の転換点を把握していることがわかる。ま

た、総電力、購入電力の電力需要に関しては、第一次、第二次の石油危機直後の期間に過大推定、1975～79年の景気回復期に過少推定の傾向があるが、いずれも2度の石油危機の影響は適確にフォローしているといえるであろう。

5. おわりに

われわれは、極めてシンプルなモデルで2度の石油危機を含む期間のエネルギー、電力需要を比較的良好に説明できることを明らかにした。しかしながら、前述のように各部門のより直接的なエネルギー間代替を明示的に導入し、その間で電力需要が決定されるようなモデルを改良していくことが今後の重要な課題として残っている。とくに、われわれは現段階で産業部門のエネルギー、電力需要の決定に関して、自家発電設備を明示的に導入したモデルの改良を検討している。現在、自家発電の総電力需要に占める比率は横ばいなし、低下傾向で推移しているが、今後の産業部門の燃料間の競合に大きな役割を果すと思われるためである。

参考文献

- [1] 経済企画庁、『エネルギー需要動向と電力ソフトに関する調査』、1985年3月。
- [2] 『電力需要想定および電力供給計画算定方式の解説』、日本電力調査委員会、1982年。
- [3] 室田泰弘「冷房用電力需要について」岡野行秀・根岸隆編『公共経済学の展開』、東洋経済新報社、1983年。
- [4] 阿波田禾積「電力需要の短期・長期弾力性について」『電力経済研究』No. 10、電力中央研究所、1976年。
- [5] 服部常晃「電灯需要の分析」『電力経済研究』No. 10、電力中央研究所、1976年。
- [6] Griffin, J. M. and Gregory, P. R., "An Inter-country Translog Model of Energy Substitution Responses", *American Econo-*

mic Review, Vol. 65~5, 1977.

- [7] Denny, M., Fuss, M., and Waverman, L.,
“Substitution Possibilities for Energy:
Evidence from U. S. and Canadian Manu-
facturing Industries”, In Berndt, E. R.,
Field, B. C. ed., *Modeling and Measuring
Natural Resource Substitution*, 1981.

- [8] Bohi, D. R., “Analyzing Demand Behavior:
A Study of Energy Elasticities”, 1981.

あわた ほづみ
経済部 エネルギー研究室
はっとり つねあき
さくらい のりひさ
経済部 経営研究室