

<研究ノート>

# 自然独占の理論と電気事業

——火力発電の費用関数——

キーワード：自然独占の理論，規模の経済性，  
トランスログ費用関数

井 澤 裕 司

## 〔要 旨〕

本稿は、いわゆる自然独占の理論が電気事業の現行の体制において占めている地位を最近の理論の展開を捉えて検討するとともに、これらの議論の前提となる、わが国火力発電が実際に費用逓減的であるのか否かという問題を実証的に明らかにすることを目的とする。

本稿の構成は以下の通りである。第1節においては、本稿における火力発電の規模の経済性についての実証分析が、現行の電気事業体制に対してもつ意味を明らかにする。第2節ではわが国火力発電のトランスログ型費用関数を推定し、現に規模の経済性の発生が認められることを示す。第3節はこの実証結果の含意の検討であり、第4節をむすびとする。

1. 法律的独占と電気事業
  - 1.1 法律的独占と自然独占
  - 1.2 問題の所在
  - 1.3 平均費用逓減と破滅的競争
  - 1.4 実証の意義
2. わが国火力発電の規模の経済性
  - 2.1 長期費用曲線
  - 2.2 実証の概要
  - 2.3 規模の経済性の尺度
  - 2.4 トランスログ費用関数
  - 2.5 データ
3. 実証の結果
  - 3.1 モデルのスペシフィケーション
  - 3.2 平均費用曲線
  - 3.3  $\sigma$ および代替の弾力性の推定
  - 3.4 実証結果のまとめ
4. むすび

## 1. 法律的独占と電気事業

### 1.1 法律的独占と自然独占

電力や鉄道などのように、排他的な私的使用が可能であるにもかかわらず、公共機関もしくは独占状態を法的に保障された私企業によって財、サービスが供給される産業が自由主義経済体制の下でも少なからず存在しており、このような独占は一般に「法律的独占」と呼ばれてい

る。

わが国の電力産業について言えば、『電気事業法』によって「電気事業を営もうとする者は、通商産業大臣の許可を受けなければならない」（第3条）ことが義務づけられ、その許可の基準のひとつとして「一般電気事業にあっては、その事業の開始によってその供給区域の全部又は一部について一般電気事業の用に供する電気工作物が著しく過剰とならないこと」（第

5条)が明記されているため、現に電気事業を営む者が存在し需要に見合うだけの生産を行っている限り、事実上その独占状態が保障されているのだといってよいのである。また『独占禁止法』においても「この法律の規定は、鉄道事業、電気事業、瓦斯事業その他その性質上当然に独占となる事業を営む者の行う生産、販売又は供給に関する行為であってその固有のものについてはこれを適用しない」(第21条)として、その独占状態を当然のこととして認めている。この「性質上当然に独占となる」事実がこれらの産業に本当に存在しているのかについては、たとえば鉄道事業において同一路線に複数の企業体が現実に存続していることから分かるように、論証され実証されねばならない問題であって、決して自明の事実というわけではない。また独占状態となる傾向があるということ、その独占状態を公認することが望ましいということとは全く別の範ちゅうに属する問題ではあるが、この条文は「その性質上当然に独占となる」事業についてはその独占状態を公認することが望ましいということを暗黙に認めているようにも見える。このような問題は個々の産業の性格を考慮して具体的に検討が行われるべきであるが、純粹に経済理論的な見地から、これらの問題に解答を与えようとしているのが「自然独占の理論 (the theory of natural monopoly)」であるといってよいであろう。

端的に言って自然独占の理論とは、その産業で使用される生産技術が優れて「規模の経済性 (economies of scale)」を持つために私企業による自由競争が独占状態をもたらしやすく、その不都合を排除するための公権力の介入が正当なものであることを主張するものである。その詳細な内容は必ずしも明確なものではないのだ

が、最もナイーヴな形で議論の筋道を示せば次のようになるだろう<sup>1)</sup>。

(1) 規模の経済性が存在する産業では、平均費用が限界費用を上回っているために、競争市場で成立するような限界費用に等しい価格の下では生産を行うことによって企業が損失を蒙る。

(2) このため、生存競争のための際限のない価格引下げ競争(破滅的競争)が、一企業のみが生き残り独占的利益を享受しうるような状態になるまで続けられるであろう。

(3) このような破滅的競争は資源の浪費であり、他方、独占的利益の発生は効率、分配双方の観点から望ましくない。

(4) よって独占の弊害を除去し、かつ社会が規模の経済性による利益を享受するためには、公権力が独占の状態を保証する一方で、不当な独占的利益が発生しないような規制を加えるべきである。

ここでは、公権力の介入の主な目的が、規模の経済性の利益の社会的な実現と、独占の弊害の排除とにあるとされていることを確認しておきたい。

ところで、一般には法律的独占の根拠と目的は単に破滅的競争の回避や独占的利潤の排除にのみあるのではない。各産業で提供される財、サービスの公益性を重視して、法律的独占として保護、規制を加えることで積極的に社会や利用者、消費者の利益を図ろうとする意図があると考えられるからである。

電気事業においても、『電気事業法』はこのことを電気事業者の供給義務として明らかにしている。すなわち、「一般電気事業者は、正当な理由がなければ、その供給区域における一般

1) 標準的な見解としては、今井他(1972)第7章参照。

の需要に応ずる電気の供給を拒んではならない」(第18条)ばかりではなく、通産大臣が認可する電気の供給規定の要件として「特定の者に対して不当な差別的取扱いをするものでないこと」(第19条第2項第4号)等が定められているからである。これらの供給義務は、現在の社会生活や経済生活にとって電気の供給が不可欠であって、利潤動機にのみ基づいた電気の供給は必ずしも公共の利益に合致しないという考えによるものと思われる。このような電気の性質を「電気の公益性」と呼ぶことにすれば、結局、現在の一般電気事業者が地域独占体として保護、規制を受けているのは、その自然独占的な性格と、公益性との二つの理由によるであろう。

電気の公益性が供給義務として規定されていることから分かるように、ここでの公益性は主として送、配電部門について考えられているものと思われる。一方、規模の経済性は主として発電設備において発生するものと考えられるので<sup>2)</sup>、電気事業の法律的独占は、発電部門における規模の経済性と送、配電部門における公益性にもとづいているといえるであろう<sup>3)</sup>。

## 1.2 問題の所在

さて、上でみたような電気事業についての諸規定は、このような自然独占の理論と公益性への配慮が実体化されたものと考えられるのであるが、そこでの大前提のひとつである「電気事業には規模の経済性が発生する」という事実については全く当然のこととして受け入れられてきたと見てよいであろう。しかしながら最近になって、このような「常識」に対して次のような疑問が投げかけられるに到った。まず第1に、電気事業において現実に規模の経

済性が発生しているのだろうかという疑問である。実際、Christensen-Greene (1976) がアメリカにおいては必ずしも電気事業が規模の経済性を享受しているわけではないという実証分析を行っており、わが国においても、電気事業における規模の経済性の発生は自明の事実ではないということが大澤 (1982) によって指摘されている<sup>4)</sup>。第2に、たとえ規模の経済性が実際に存在しているとしても、はたして破滅的競争は不可避なのだろうかという疑問が生じる。もし破滅的競争が必然的なものではないのなら、現在行われている公的介入は改めてその根拠を問われることになるだろう。この問題は南部 (1982) によって整理、検討され、破滅的競争は必ずしも不可避ではないということが示されたが、具体的には、検討されるべき多くの課題が残されているように思われる。第3は、電気事業には資金調達上の規模の不経済が発生しているのではないかという疑問である<sup>5)</sup>。これは近年の電力投資の巨大化に伴い、電力会社が資金調達に困難を感じるようになったという事実が原因となっているのであるが、元々経済学でも、たとえば E. A. G. Robinson (1958) などによって、私企業の規模には財務上の上限があるのではないかとして取り上げられてきた問題

2) 57年度末の9電力固定資産約13兆円のうち、送・変・配電の占める割合は約6割であり、55年度末までの総累積固定資産形成でも5割を占めている。このことから分かるように発電と送・変・配電とは主従関係にあるのではなく、電気事業において同等の地位を占めていることに注意されたい。

3) 両者の性格がこのように完全に分離できるというわけではないことには注意されねばならないだろう。たとえば、既設の配電設備は潜在的参入者にとっては強力な参入障壁を形成していると考えられるが、これは自然独占のひとつの理由としてあげることはできるが、公益性とは関係しない。

4) 平均費用が通減的か否かは料金制度のあり方にも深い関係をもつことにも注意されたい。大澤 (1982) 参照。

5) エネルギー産業全体の資金問題の現状については、飯倉 (1982) 参照。

とも関係がある。財務問題は金融制度などとも密接な関係にあり理論的にも複雑な問題を含んではいるが、従来の産業組織論では看過されがちであった問題でもあるので今後の検討が必要とされるであろう。ただしこの問題は他とは性質を異にする問題であるので、本稿では明示的には取り上げないことにしたい。

### 1.3 平均費用逡減と破滅的競争

まず平均費用逡減と破滅的競争との関係について整理をしておこう。

自然独占の理論は「平均費用逡減」という現象と密接な関係にあり、両者はしばしば混同して取扱われてきた。しかしながら、

- (1) 自然独占の理論で問題とされている平均費用逡減とは厳密には一体どのような現象を指しているのか
- (2) 平均費用逡減は自然独占の発生の必要条件、あるいは十分条件であるのか

といった問題は重要であるにもかかわらず、必ずしも明確であったわけではない。

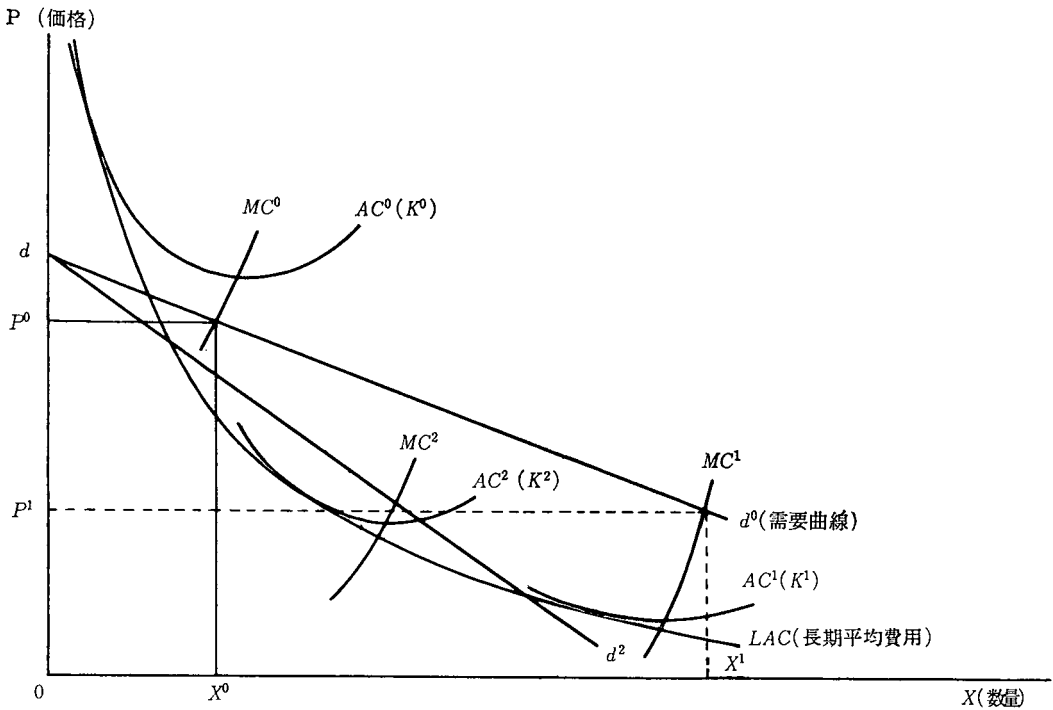
形式的には、平均費用逡減状態とは平均費用が限界費用を上回っている状態を指しており、この意味ではあいまいさは生じない。問題はこの「費用」がどのタイム・スパンで定義されているのかというところにある。通説は「短期費用」を用いて議論を展開しており<sup>6)</sup>、その産業が初期投資として莫大な固定資本を必要とする場合、平均固定費用も巨額なものとなり、その結果として平均費用逡減が生じると説明される。ここでは「莫大な固定資本」という表現によって「設備の不可分割性 (indivisibility——生産可能性集合の非凸性)」という状況の発生が暗に予想されていることに注意をしておこう。

一方、南部 (1982) はこのような通説に対し

て、規模の経済性は長期平均費用を用いて議論されるべきものであることを強調するとともに、長期平均費用逡増状態の下では自然独占が成立しえないことは明らかではあるが、企業が資本設備の水準を自由に選択でき、個別需要曲線も正確に予見できるとするならば、破滅的競争過程で学習効果が発生した場合には必ずしも自然独占の成立は不可避ではないということを示した。たとえば、第1図において、資本設備が  $K^0$  で一定のとき、確かに短期平均費用曲線は  $AC^0$  のように逡減し、所与の需要曲線  $dd^0$  の下では損失が発生するものの、資本設備を  $K^1$  に増加させた場合には利潤を得ることが可能であるし、他企業の参入によって需要曲線が例えば  $dd^2$  のように2分されたとしても、やはり資本設備を  $K^2$  とすることによって共存することが可能であるというのである。

南部の議論は上の (1)、(2) の2つの問題が不可分の関係にあるということを示しており、また平均費用逡減という現象が必ずしも自然独占の成立を意味するわけではないということを示している点で重要な意義を持ったものと言わねばならない。しかしながら元来、自然独占の理論は費用逡減による市場の失敗をいかに救済するのかという規範的な性格を色濃く持っているものであり、効率性についての綿密な検討なくしては南部の議論は完結しない。たとえば第1図において、 $K^2$  という資本設備を持った企業2社に生産を行わしめるよりは、 $K^1$  という設備を持った1社に生産を行わしめる方が全体として低い平均費用で生産を行えるのであるから、何等かの所得再分配政策は必要としても、競争促進政策よりは独占化政策を行った方が社会的には望ましいのではないだろうか。

6) 今井他 (1971) pp. 142~160 参照。



第 1 図

また、もし  $K^0 \rightarrow K^1 \rightarrow K^2$  などという時系列的な資本設備水準の選択が実際に行われたとすれば、社会的には大きな浪費を蒙ったことになるのではないだろうか、等々、効率性について検討されるべき多くの問題が残されているように思われる。特に、社会的な生産費用の最小化という観点からは、平均費用が逡減している限り企業規模の巨大化を図った方が望ましいということは明らかであろうと思われるので、効率性を議論するためにも、現に平均費用が逡減しているのか否かはかなり重要な実証上の問題として残るといってよいであろう。

#### 1.4 実証の意義

このようにたとえ費用逡減の技術が採用されていることが自然独占の十分条件ではないことが明らかになったとしても、実際に電気事業が

費用逡減産業か否かという問題が重要ではなくなったということにはならない。

すなわち、まず第1に、費用逡減の技術が破滅的競争の必要条件のひとつであることは明らかであるから、Christensen-Greene がアメリカで見出したような現象がわが国においても発生しているのか否かは依然として興味深い問題である。

また第2に、より重要な問題として破滅的競争の問題とは独立に社会的効率性の問題が残るからである。先に強調したように、自然独占理論による法律的独占の根拠は、単に破滅的競争の回避にのみあるのではなく、規模の経済性の利益を社会的に実現しようとする意図があると考えられる。この意味でも、そもそも法律的独占によってそのような利益が発生する余地があるのか否かは重要な問題であるというべきであ

る。

ところで、電気事業に限っていえば、すでにみたように法律的独占として存在するのは規模の経済性の発生に原因の全てがあるのではない。また、発電部門と送、配電部門とではその性格がかなり異なっていると考えられるので、両者を同一の効率性の基準でパフォーマンスを評価することは必ずしも妥当なことではないように思われる。すなわち、電気事業全体に規模の経済性が発生しているのか否かではなく、まず発電部門に規模の経済性が発生しているのかという問題を明らかにし、その上で送、配電部門の公益性を考慮しながら電気事業全体の法律的独占体制を考察するという手順が適切だと考えられるのである。実際、このような方法をとることで、たとえば発電部門と送、配電部門を分離し、後者は公益性のために法律的独占体制が望ましいとしても、前者については競争化政策をとった方が効率的なのではないだろうかといった疑問に対しても有効にアプローチしうるであろう。以下においてわれわれは必ずしもこのような設問を明示的に取り扱うわけではないが、以上の事情を考慮して、実証分析の対象を発電部門にしぼってゆくことにする。

## 2. わが国火力発電の規模の経済性

### 2.1 長期費用曲線

実証を行うに先立って、長期費用曲線という概念について若干の整理を施しておくことが、以下でわれわれの行う実証分析の意味を明確にするために有益である。

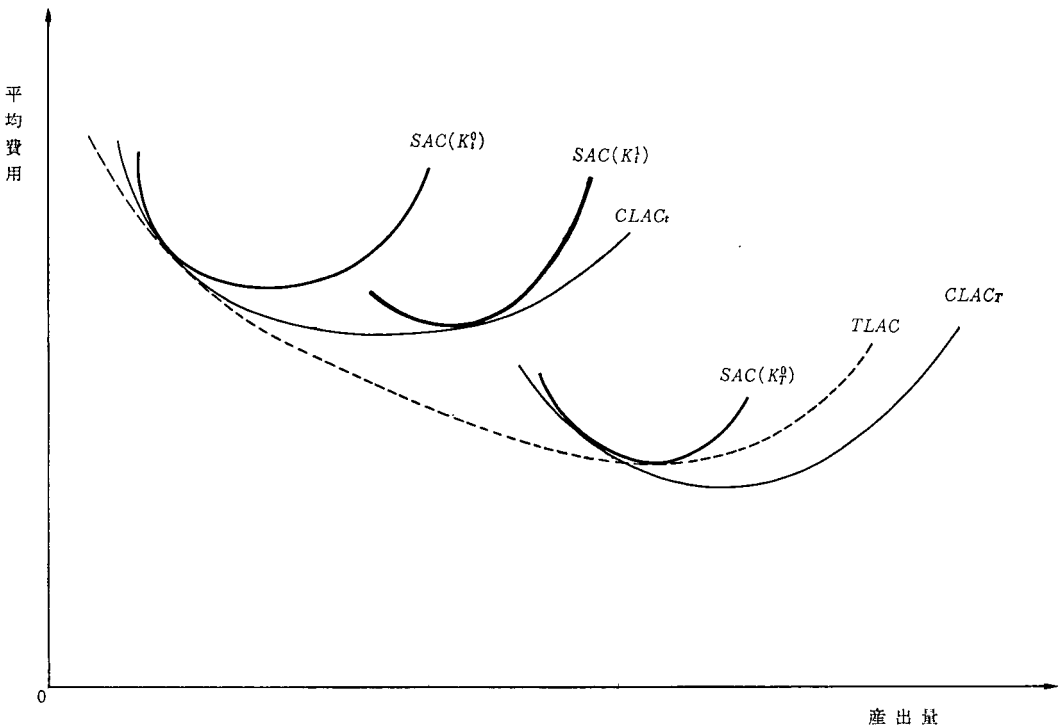
形式的には、長期、短期の区別については、すでに経済学上の明確な定義が与えられており疑問の生じる余地は全くない。すなわち、可変投入物についてのみの最適化から得られるのが

短期費用曲線であり、固定投入物をも含めて最適化を行った結果得られるのが長期費用曲線である。ここで概ね、可変投入物とは原材料、燃料等に相当し固定投入物とは資本設備使用等に相当する。労働がどちらに含まれるかは労働契約の内容等によって判断されるべきであろう。

しかしながら、実証作業を念頭に置いて長期費用曲線というものを考えるときには、さらに若干の注意が必要とされる。

いま分析の対象とする産業では全ての企業の技術可能集合が同一であるとしよう。ここでたとえば電力のように、市場が分割されていたとすれば、 $t$ 期において、各企業はそれぞれの需要量に応じた資本設備の水準を選択するであろうから、各々の水準を  $K_t^0$ ,  $K_t^1$  とすれば第2図の  $SAC(K_t^0)$ ,  $SAC(K_t^1)$  のような短期平均費用曲線が描け、また包絡線である  $CLAC_t$  を得ることができる。ここで  $K_t^0 \neq K_t^1$  であるから定義によって  $CLAC_t$  は長期平均費用曲線であり、これは  $t$ 期のクロス・セクション・データから推定することができるはずである。

他方、 $T(>t)$ 期においても全く同様に  $CLAC_T$  を推定することが可能であるが、 $t$ 期から  $T$ 期にかけて技術進歩があるとなれば  $CLAC_t$  と  $CLAC_T$  との位置関係は第2図のようになっているはずである。ところで、 $SAC(K_t^0)$  と  $SAC(K_T^0)$  が同一企業（あるいはその産業の仮想的な平均企業であってもよい）の  $t$ 期および  $T$ 期における短期費用曲線であるとすれば、その企業についての時系列データより  $SAC$  の包絡線である  $TLAC$  を得ることができるであろう。この  $TLAC$  も定義上、長期平均費用曲線であることはいうまでもない。われわれは  $TLAC$  と  $CLAC$  を明示的に区別するために、前者を「時系列長期平均費用曲線」、後者を「ク



第 2 図

ロス・セクション長期平均費用曲線」と呼ぶことにする。

時系列長期平均費用曲線は、技術進歩の動向を示すのに有効ではあるが<sup>7)</sup>、ある 1 時点では、その全ての領域が企業にとって選択可能というわけではないのであるから、自然独占の理論で問題とされねばならないのはクロス・セクション長期費用曲線であるのは明らかであろう。以下でもわれわれは明示的にクロス・セクション長期費用関数の推定を行うことにする。

## 2.2 実証の概要

われわれが行った、わが国火力発電の「クロス・セクション長期費用曲線」の推定作業について説明しておこう。

本稿で分析の対象とするのは 9 電力会社の汽力、内燃力、および原子力発電の費用関数であ

る。ここで水力発電を除外するのは、各プラントごとの個別的な立地上の特殊性が費用に強く反映されるために正確な費用関数の推定を行うことが難しいためである。実際には水力発電は立地条件の悪化による外延的な規模の不経済が発生しているものと思われるが、地域の特殊性を除いた一般的な傾向を探ることはかなりの困難を伴うものと思われる。

データは 9 電力会社について昭和 54~56 年度の 3 年分をプーリングして用いるので、サンプル数は 27 である。このような操作を行うのは単にサンプル数の不足を補うためである。

7) 技術進歩と規模の経済性との識別可能性については、それ独自の議論の発展の歴史がある (Sato (1982) chap. 2 参照)。以下でわれわれがクロス・セクションでの問題に限定して議論を進めるとしても、この識別問題から自由であるというわけではない。しかしながら、この問題はかなり複雑な問題でもあり、改めて検討を行うべきであるとも思われるので、本稿では明示的に取り上げないでおくことにした。

「クロス・セクション長期費用曲線」と「時系列長期費用曲線」とを区別したわれわれの立場からは、この操作について若干疑問がないわけではないが、分析の対象となる 168 プラントのうち、この 3 年間に新たに運開したものは 10 プラントであり、さほど不当な操作であるとは思われぬ。

ところで、規模の経済性は会社の経営規模の大型化によって発生するものだけではなく、より技術的な原因で、発電プラントの大型化によってもたらされると考えることもできる。現在稼動している各プラントについて個別のデータを得ることは難しいので、われわれは各会社別の数量データをプラント数で除して平均化したものを仮想的な「平均プラント」として用いてこのようなデータについても実証を行ってみたいことにした。

### 2.3 規模の経済性の尺度

ところで以下の議論のためには、何等かの規模の経済性についての尺度を設定しておくのが便利である。

規模の経済性をどのような尺度で捉えるのかについては、現在、確固とした定説が存在しているようには思われぬ。しかしながら、たとえば産出量を  $y$  から  $x$  へと増加させるとき、すなわち産出量を  $x/y$  倍させるときに、その費用が  $y$  を産出していたときの費用の  $x/y$  倍に達しないならば規模の経済性が存在すると考えることは自然なことであろう。すなわち費用関数を  $C(\cdot)$  としたとき、

$$\frac{x}{y}C(y) - C(x) \geq 0 \quad (2.1)$$

が規模の経済性発生の条件であると考えるのである。ここで (2.1) 式を適当に変形すると、

$$C(y) - \frac{y\{C(x) - C(y)\}}{x - y} \geq 0,$$

さらに、 $x \rightarrow y$  の極限をとると

$$C(y) - y \frac{\partial C(y)}{\partial y} \geq 0$$

$$\therefore \sigma(y) \equiv 1 - \frac{\partial \log C(y)}{\partial \log y} \geq 0$$

となる。われわれはこの  $\sigma(\cdot)$  を規模の経済性の尺度として採用することにしよう<sup>9)</sup>。

規模の経済性の尺度として考えられるのはこの  $\sigma$  のみではない。実際、規模の経済性は「規模の弾力性 (the elasticity of scale)」, すなわち

$$\varepsilon(z) \equiv \frac{\partial \log f(k \cdot z)}{\partial \log k}$$

を用いて論じられることもある<sup>10)</sup>。ここで  $f(\cdot)$  は  $C(\cdot)$  の双対関係にある生産関数であり、 $z$  は投入量である。また  $k$  は規模を示す係数である。企業の利潤極大化条件と Shephard のレンマより拡張曲線上では

$$\varepsilon(z) \equiv \frac{\partial \log f(k \cdot z)}{\partial \log k} = \frac{\partial \log y}{\partial \log C}$$

が成立するため、 $\sigma$  と  $\varepsilon$  とには

$$\sigma(z) = 1 - \frac{1}{\varepsilon(z)}$$

という関係が存在することが分かる。

また、われわれは前節までの議論において規模の経済性を平均費用の逡減ということで表現してきた。すなわち、

$$\rho(y) \equiv \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{C(y)}{y} \right) \leq 0$$

である。これは本節における議論とは矛盾しない。容易に分かるように、

8) 以下では便宜上、等号を含めて考えることにするが、厳密に不等号のみが成立するとしても議論の本質には影響はない。

9) これは Christensen-Greene (1978) がア・プリオリに与えたものと同じものである。

10) Johansen (1975) pp. 64~67 参照。



$$\rho(y) = -\frac{C}{y^2}\sigma(y)$$

であるから、 $\sigma(y) \geq 0$  ということは、 $C > 0$  という当然の条件の下では平均費用の逡減と同値であるからである。

以上をまとめると、規模の経済の尺度の間には次のような関係があることになる。

$$\begin{aligned} \sigma(y) &\geq 0 \\ \iff \\ \varepsilon(x) &\geq 1 \\ \iff \\ \rho(y) &\leq 0 \text{ for } C(y) > 0 \end{aligned}$$

定性的な問題にのみ関心がある場合には、われわれはいずれの尺度を用いてもよいわけであるが、 $\varepsilon$  は生産関数から、 $\sigma$ 、 $\rho$  は費用関数から導出されていることに注意しておこう。本稿においては以下で費用関数の計測を行うので、簡便な  $\sigma$  を用いるのである。

2.4 トランスログ費用関数

推定にあたって、われわれは具体的な関数型としてトランスログ費用関数 (the translog cost function) を採用した<sup>11)</sup>。これは Christensen-Greene (1976) がアメリカにおける実証研究に用いたものでもある。

周知のように、トランスログ費用関数は2階微分可能な任意の費用関数の1次近似として与えられ、最も一般的には次のように書くことができる：

$$\begin{aligned} \log C = &\alpha_0 + \alpha_Y \log Y + \frac{1}{2} \gamma_{YY} (\log Y)^2 \\ &+ \sum_{i=K,L,F} \alpha_i \log p_i \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{i=K,L,F} \sum_{j=K,L,F} \gamma_{ij} \log p_i \log p_j \\ &+ \sum_{i=K,L,F} \gamma_{Yi} \log Y \log p_i \end{aligned} \quad (2.2)$$

ただし、ここで

- Y : 発電実績量
- C : 発電費用
- $p_K$  : 資本費用価格
- $p_L$  : 労働費用価格
- $p_F$  : 燃料価格

であり、 $K, L, F$  はそれぞれ資本、労働、燃料を示す添字である。(2.2) 式のパラメータには、2階偏微分についての対称性と価格についての同次性の要請を満たすために次のような制約が課せられる：

(対称性)

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad (S)$$

(同次性)

$$\begin{aligned} \sum_{i=K,L,F} \alpha_i &= 1, \\ \sum_{i=K,L,F} \gamma_{Yi} &= 0, \end{aligned} \quad (H)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=K,L,F} \gamma_{ij} &= \sum_{i=K,L,F} \gamma_{ij} \\ &= \sum_{j=K,L,F} \sum_{i=K,L,F} \gamma_{ij} = 0 \end{aligned}$$

同次性の条件は、(2.2) 式において  $\log Y$  を含む項が全て恒等的に0に等しいとき (すなわち、収穫不変のとき)、(2.2) 式が価格について1次同次となることを要請している。

また、Shephard のレンマを適用すれば

$$\frac{\partial \log C}{\partial \log p_i} = \frac{p_i X_i}{C} = S_i \quad i=K, L, F$$

が成立するので、(2.2) より

$$S_i = \alpha_i + \gamma_{Yi} \log Y + \sum_{j=K,L,F} \gamma_{ij} \log p_j \quad i=K, L, F \quad (2.3)$$

を導出できる。ただしここで  $X_i$  は投入量を示す。 $S_i$  は費用に占める各投入財の割合を示しているから、

$$\sum_{i=K,L,F} S_i = 1$$

11) トランスログ関数の詳細については 熊倉・大山 (1981) および 茂原他 (1979) 等参照。

は定義によって成立する。よって(2.3)の3本の式のうち1本は独立ではない。

トランスログ費用関数はその他にもパラメータに制約を課すことによって、ア・プリオリに関数形を特定することが可能であるが、われわれは次の4つのモデルについて推定を行うことにする：

(モデル NR)

上記(S), (H)以外の制約を課さない。

(モデル HM)

モデル NRに加えて

$$\gamma_{Yj}=0 \quad j=K, L, F$$

を制約として課す。これは(2.2)がhomothetic関数であることを示しており、要素間代替が規模に関して不変となる。

(モデル HG)

モデル HMに加えて

$$\gamma_{YY}=0$$

を制約として課す。(2.2)の場合、 $\sigma$ は具体的に、

$$\sigma=1-(\alpha_Y+\gamma_{YY}\log Y+\sum_{i=K,L,F}\gamma_{Yi}\log p_i)$$

であるから、この制約は $\sigma=\text{const.}$ とするのと同様である。われわれはこれをhomogeneity条件と呼ぶことにする。

(モデル CRS)

モデル HGに加えて

$$\alpha_Y=1$$

を制約として課す。これは規模に関して収穫不変であることを示しており、当然 $\sigma=0$ である。

われわれは以上のモデルについて、NRを基準として尤度比検定を行う。言うまでもなく、統計的にモデルCRSが支持されれば、わが国の火力発電は規模の経済性を享受していないと

いうことを意味することとなる。

## 2.5 データ

われわれの用いたデータ間の関係は次の通りである。但、\*印を付したデータは「有価証券報告書総覧」から、\*\*印を付したデータは「電気事業要覧」から採っている：

$$C^*=K+L+F^*$$

$$L=(\text{給与手当})^*-(\text{給与手当振替})^*+(\text{厚生費})^*+(\text{雑給})^*$$

$$P_K=K/(\text{発電設備簿価})^*$$

$$P_L=L/(\text{従業員数})^{**}$$

$$P_F=[\text{発電燃料費単価}(\text{送電端;円/kWh})]^{**}$$

$$/[\text{重油換算燃料消費率}$$

$$(\text{送電端;l/kWh})]^{**}$$

ここで、C, Fは「損益計算書」の「電気事業営業費用」から採っており、全てのデータは汽力、内燃力、および原子力のみ限定している。またYとしては発電実績を用いることにした。

資本費用の算定は上記の恒等式に依っているが、具体的には、修繕費、補償費、賃借料、諸税、減価償却費、固定資産除却費、損害保険料および消耗品費等である。ここでは利子支払い等の資金調達に要する財務費用が除外されていることに注意されねばならない<sup>12)</sup>。これは最近、財務上の規模の不経済の発生が取ざたされていることを考えると問題がないわけではないが、データ上の制約もあり、当面やむを得ない措置であると思われる。

また価格は全て、平均値が1となるように正規化したものを用いることとする。

12) 実際には、財務費用は営業費用のおよそ10%程度の額である。

3. 実証の結果

3.1 モデルのスペシフィケーション

われわれの推定結果をまとめたものが第1表 A および B である。現在、トランスログ関数の推定は主に Zeller 推定あるいは最尤法を用いて行われるが<sup>13)</sup>、前者は(2.3)式のうち推定に用いる2式の選び方に推定値が依存するのに対し、後者はその選び方に依存しないことが知られている。それでわれわれは完全情報最尤法(full information maximum likelihood method)による推定を行うことにした<sup>14)</sup>。

モデル NR を基準として、モデル HM, HG, CRS について尤度比検定を行った結果が第2表である<sup>15)</sup>。ここで、会社については少くとも 2.5% 水準で推定費用関数が homothetic,

homogeneous, あるいは規模に対して収穫不変であるという帰無仮説をそれぞれ棄却してよいことが分かる。これに対して、平均プラントでは、14% 水準では、費用関数が homothetic であるという帰無仮説を棄却できない。この結果より、われわれはわが国火力発電の費用関数は、会社としてはモデル NR が、平均プラントでは、ほぼモデル HM が適合すると結論してよいと思われる。以下では、主に、9 電力会社についてはモデル NR を、各平均プラントについてはモデル HM を用いて議論を進めることにしよう。

13) トランスログ関数の推定については Berndt-Christensen (1973) pp. 88~90 参照。

14) ここでは“TSP”の FIML ステートメントを用いて推定を行った。

15) 尤度比検定の詳細については、たとえば柴山(1962) pp. 444~448 参照。

第1表A (9電力会社)

	NR	HM	HG	CRS
$\alpha_0$	5.36 (2.06)	5.83 (1.92)	3.95 (66.69)	2.66 (116.00)
$\alpha_Y$	0.56 (1.10)	0.50 (0.86)	0.87 (52.74)	—
$\alpha_K$	0.11 (0.68)	0.20 (11.92)	0.20 (12.40)	0.20 (13.36)
$\alpha_L$	0.058 (2.08)	0.026 (13.10)	0.025 (13.46)	0.023 (15.84)
$\alpha_F$	0.83 (4.88)	0.77 (45.56)	0.77 (47.85)	0.77 (48.93)
$\gamma_{YY}$	0.033 (0.67)	0.036 (0.63)	—	—
$\gamma_{YK}$	0.0094 (0.60)	—	—	—
$\gamma_{YL}$	-0.0032 (-1.16)	—	—	—
$\gamma_{YF}$	-0.0062 (-0.37)	—	—	—
$\gamma_{KK}$	-0.0030 (-0.050)	0.011 (0.16)	0.011 (0.18)	-0.0058 (-0.11)
$\gamma_{LL}$	0.022 (4.48)	0.027 (5.11)	0.026 (4.76)	0.0039 (0.75)
$\gamma_{FF}$	0.0017 (0.029)	0.0097 (0.15)	0.011 (0.20)	0.16 (0.29)
$\gamma_{KL}$ (= $\gamma_{LK}$ )	-0.0086 (-1.30)	-0.014 (-2.21)	-0.013 (-2.27)	0.0089 (1.37)
$\gamma_{LF}$ (= $\gamma_{FL}$ )	-0.013 (-2.50)	-0.013 (-2.11)	-0.013 (-2.54)	-0.13 (-2.02)
$\gamma_{FK}$ (= $\gamma_{KF}$ )	0.012 (0.19)	0.0011 (0.16)	0.0017 (0.029)	-0.0030 (-0.57)

( ) 内 t 値

第1表B (平均プラント)

	NR	HM	HG	CRS
$\alpha_0$	0.97 (0.035)	-1.16 (-0.45)	3.58 (21.97)	2.66 (116.00)
$\alpha_Y$	1.82 (2.44)	2.17 (0.06)	0.88 (38.48)	—
$\alpha_K$	0.19 (1.06)	0.20 (12.69)	0.20 (12.64)	0.20 (13.36)
$\alpha_L$	0.048 (1.87)	0.024 (15.79)	0.023 (17.00)	0.022 (15.84)
$\alpha_F$	0.76 (3.82)	0.77 (47.18)	0.77 (46.93)	0.77 (48.93)
$\gamma_{YY}$	-0.13 (-1.26)	-0.18 (-1.82)	—	—
$\gamma_{YK}$	0.0014 (0.058)	—	—	—
$\gamma_{YL}$	-0.0034 (-0.98)	—	—	—
$\gamma_{YF}$	0.0020 (0.079)	—	—	—
$\gamma_{KK}$	-0.0020 (-0.036)	0.0057 (0.10)	0.0023 (0.042)	-0.0058 (-0.11)
$\gamma_{LL}$	0.0070 (1.11)	0.013 (2.52)	0.0090 (1.69)	0.0039 (0.75)
$\gamma_{FF}$	0.019 (0.34)	0.019 (0.33)	0.019 (0.34)	0.016 (0.29)
$\gamma_{KL}$ (= $\gamma_{LK}$ )	0.0072 (1.05)	-0.000021 (-0.0040)	0.0037 (0.67)	0.0089 (1.37)
$\gamma_{LF}$ (= $\gamma_{FL}$ )	-0.014 (-2.67)	-0.013 (-2.45)	-0.013 (-2.15)	-0.013 (-2.02)
$\gamma_{FK}$ (= $\gamma_{KF}$ )	-0.0051 (-0.090)	-0.0057 (-0.098)	-0.0059 (-0.11)	-0.0030 (-0.057)

( ) 内 t 値

第2表A (9電力会社)

	NR	HM	HG	CRS
対数尤度	191.12	187.24	186.40	175.70
$\chi^2$ (自由度)	—	7.76*** (2)	9.42*** (3)	30.83**** (4)

第2表B (平均プラント)

	NR	HM	HG	CRS
対数尤度	186.75	184.82	183.37	175.70
$\chi^2$ (自由度)	—	3.86* (2)	6.77** (3)	22.11**** (4)

(注) \* 15.0%水準で棄却  
 \*\* 10.0% "   
 \*\*\* 2.5% "   
 \*\*\*\* 0.5% "

3.2 平均費用曲線

われわれの推定したパラメータを用いて平均費用曲線を描いたものが第3図AおよびBである。ここでは各投入要素価格は27サンプルの平均値を用いている。会社については全域で平均費用が逡減しており、規模の経済性が発生していることはグラフからも明らかに読み取ることができる。ここでは、現在の生産水準を越える領域での平均費用逡減効果はごくわずかであり、2,000億kWhを越えるとほとんど平均費用は不変となることに注意しておこう。平均プラントについては、平均費用逡増領域にあるサンプルがわずかにある(5サンプル)もの、ほぼ平均費用逡減領域での生産が行われていると結論してよいものと思われる。

ただし、われわれの分析では各社ごとで負荷持続曲線が相異しているという重要な事実について一切考慮されてこなかったということには充分注意されねばならないだろう。一般には、ピーク用電源には小型で相対的に効率の劣るプラントがあてられるものと考えられるので、われわれの実証結果は負荷持続曲線の形状に影響

を受けていることが予想されるからである。いくらまでもなく、負荷特性は発電プラントの総合的な効率性を考えるうえで重要な要素であり、改めて分析が必要とされるものではあるが、本稿ではここで注意を与えるにとどめておきたい。

3.3  $\sigma$ および代替の弾力性の推定

$\sigma$ および代替の弾力性の平均値を第3表AおよびBにまとめておく。ここで  $\eta_{ij}$  は、具体的には

$$\eta_{ij} = \begin{cases} (\gamma_{ij} + S_i \cdot S_j) / S_i S_j & i \neq j \\ [\gamma_{ij} + S_i(S_i - 1)] / S_i^2 & i = j \end{cases}$$

である。

第3表A (9電力会社)

	NL	HM	HG	CRS
$\sigma$	0.093 (0.030)	0.13 (0.032)	0.13 (0)	0
$\eta_{KK}$	-4.21 (1.17)	-3.83 (1.001)	-3.83 (1.0090)	-4.29 (1.21)
$\eta_{LL}$	3.38 (17.0)	14.84 (24.3)	11.65 (22.25)	-35.07 (7.73)
$\eta_{FF}$	-0.30 (0.090)	-0.29 (0.088)	-0.28 (0.088)	-0.28 (0.087)
$\eta_{KL}$ (= $\eta_{LK}$ )	-1.02 (0.92)	-2.35 (1.64)	-1.98 (1.46)	3.07 (1.02)
$\eta_{LF}$ (= $\eta_{FL}$ )	0.24 (0.19)	0.25 (0.19)	0.25 (0.19)	0.27 (0.18)
$\eta_{FK}$ (= $\eta_{KF}$ )	1.08 (0.012)	1.02 (0.0036)	1.01 (0.0019)	0.98 (0.0032)

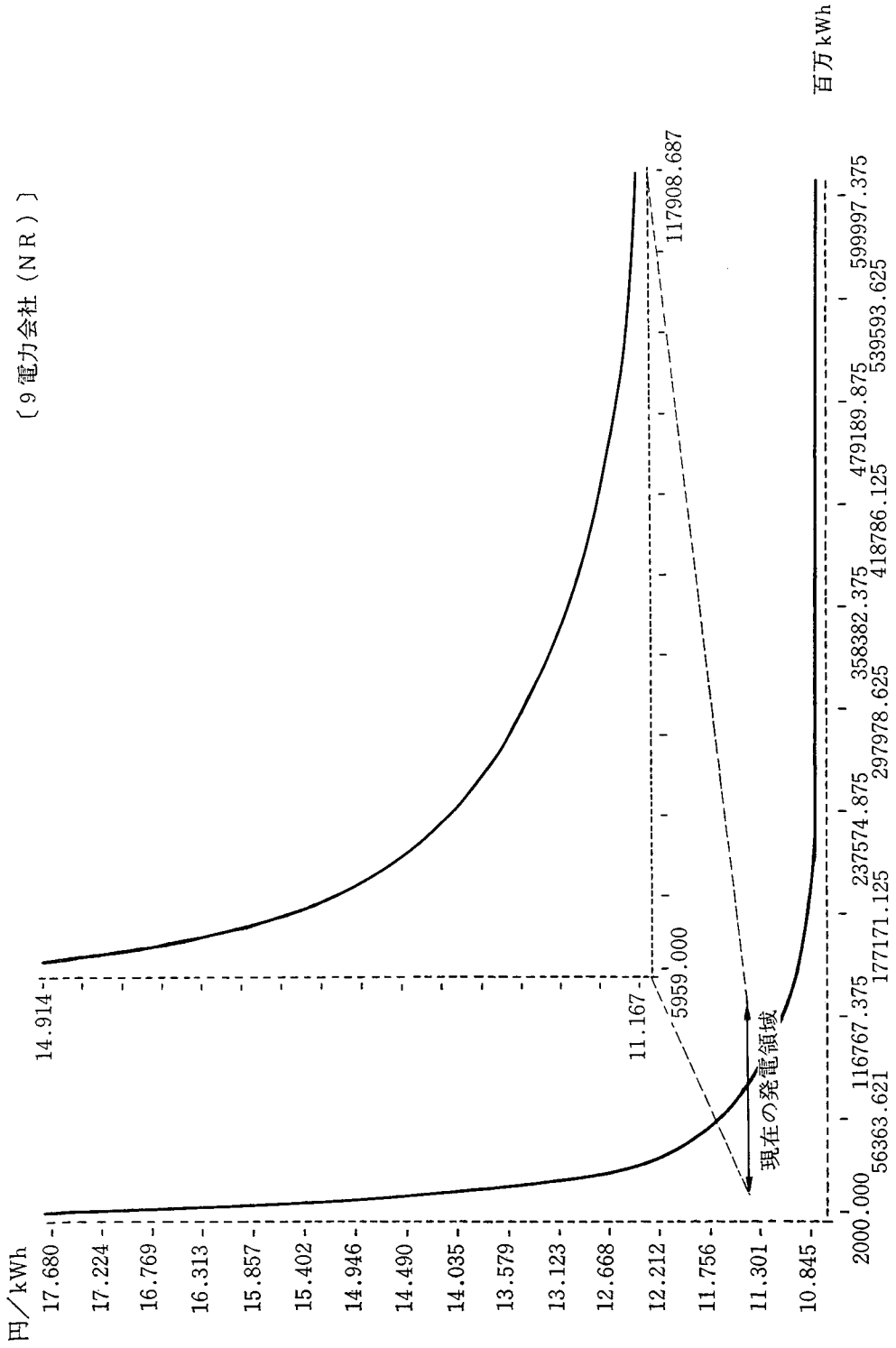
( ) 内標準偏差

第3表B (平均プラント)

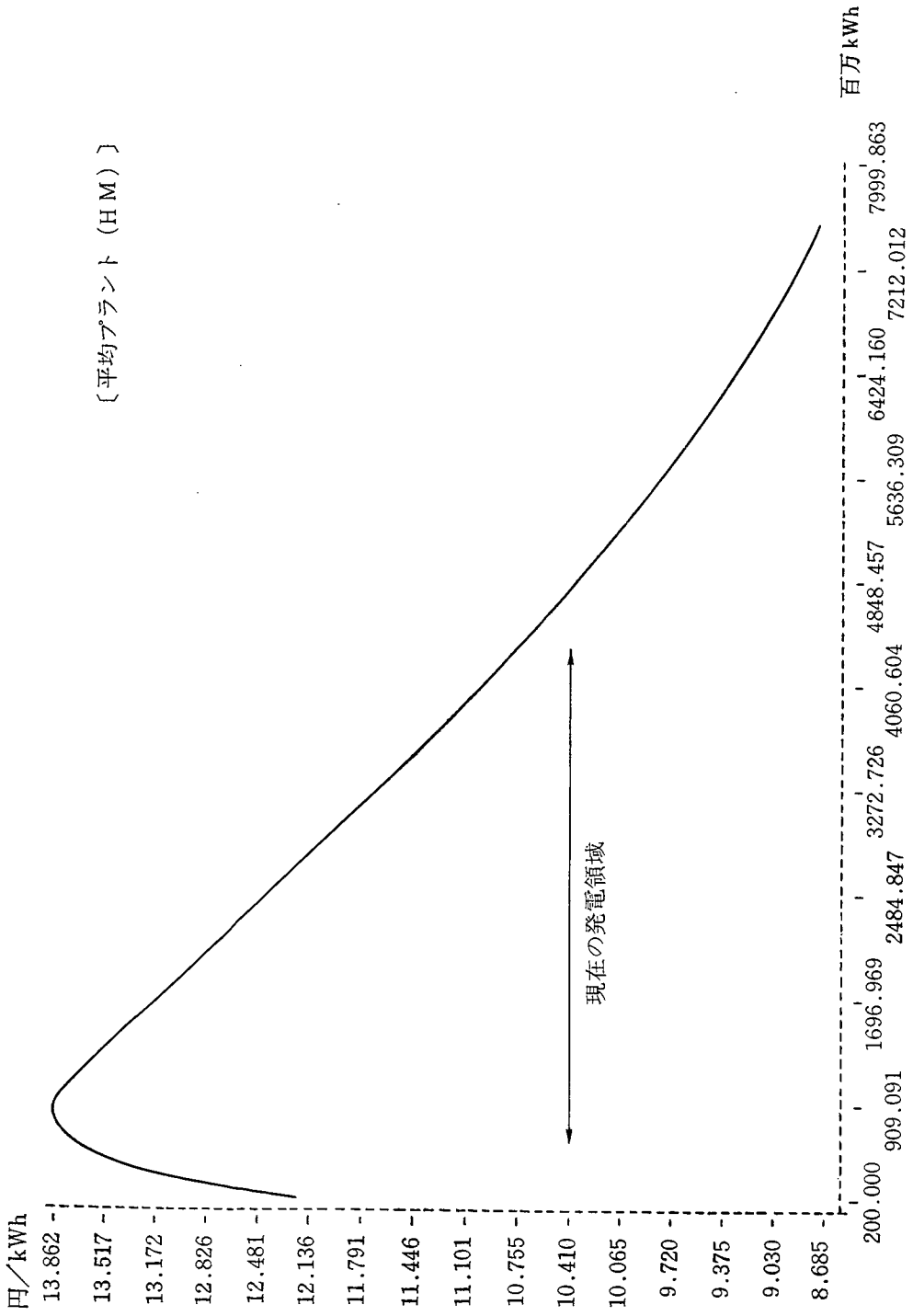
	NL	HM	HG	CRS
$\sigma$	0.14 (0.084)	0.15 (0.12)	0.12 (0)	0
$\eta_{KK}$	-4.19 (1.61)	-3.97 (1.07)	-4.07 (1.11)	-4.29 (1.21)
$\eta_{LL}$	-28.38 (3.79)	-14.68 (5.81)	-24.23 (2.07)	-35.08 (7.73)
$\eta_{FF}$	-0.27 (0.086)	-0.27 (0.086)	-0.27 (0.086)	-0.28 (0.087)
$\eta_{KL}$ (= $\eta_{LK}$ )	2.68 (0.82)	0.99 (0.0025)	1.86 (0.42)	3.07 (1.02)
$\eta_{LF}$ (= $\eta_{FL}$ )	0.19 (0.20)	0.23 (0.19)	0.28 (0.18)	0.27 (0.18)
$\eta_{FK}$ (= $\eta_{KF}$ )	0.97 (0.0055)	0.96 (0.0061)	0.96 (0.0063)	0.98 (0.0032)

( ) 内標準偏差

[ 9 電力会社 ( N R ) ]



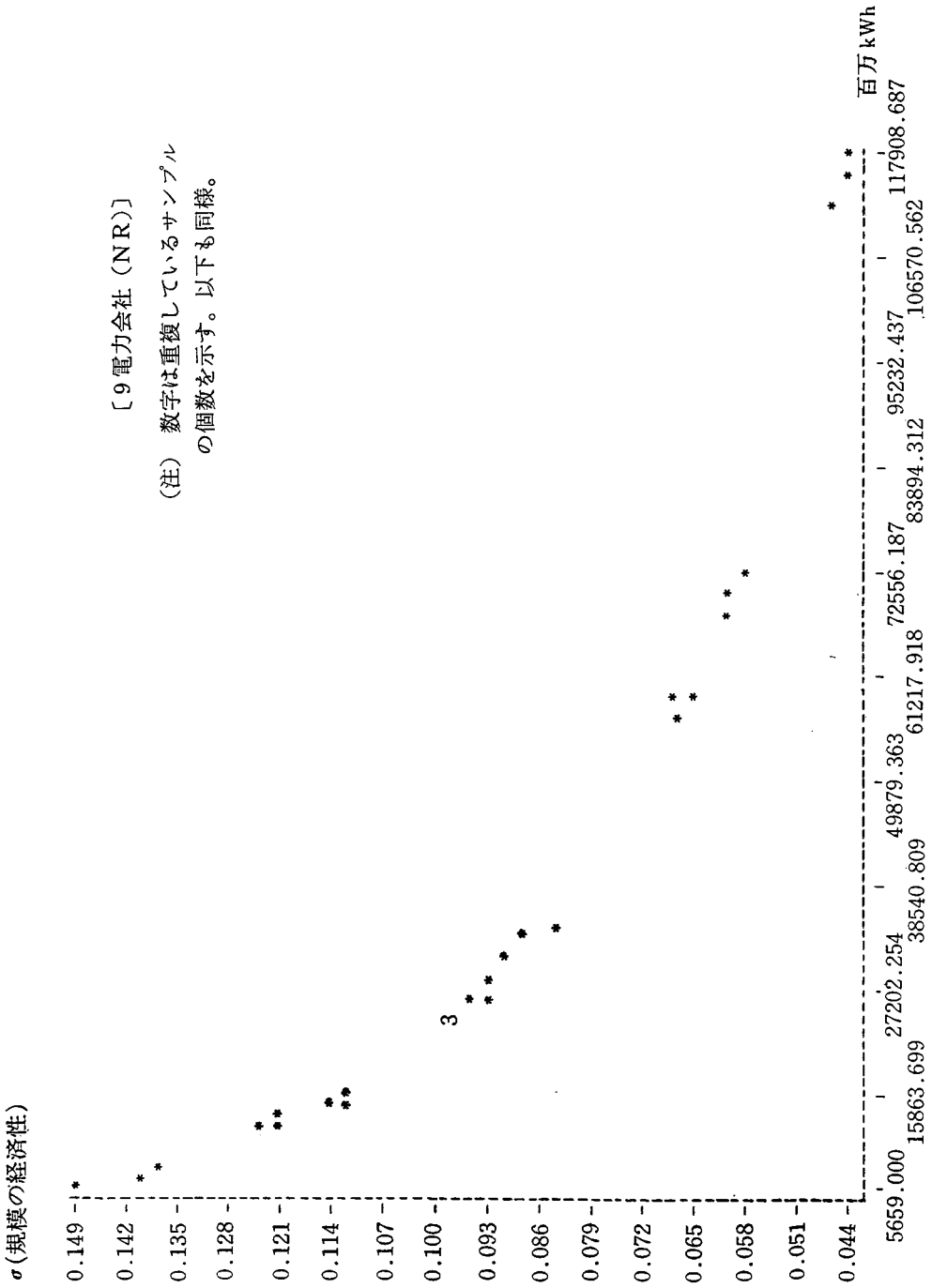
第3図A



第3図B

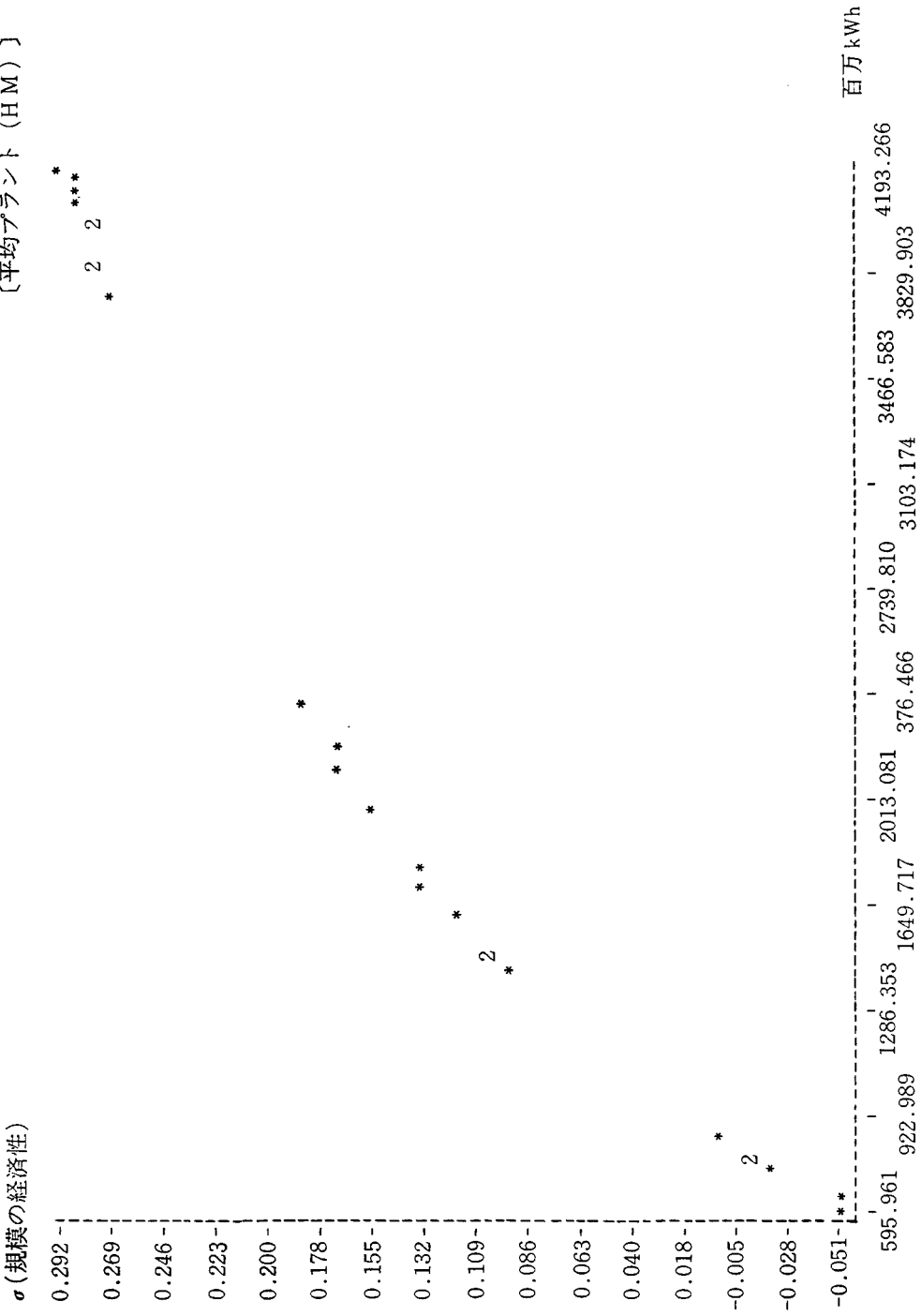
〔9 電力会社 (NR)〕

(注) 数字は重複しているサンプル  
の個数を示す。以下も同様。



第 4 図 A

[平均アラウンド (HM)]



第4図B



また、 $\sigma$  と産出規模との関係をグラフにしたものが第4図AおよびBである。これらのグラフは、会社規模の増大は規模の経済性の減少をもたらすのに対して、平均プラントの規模の増大はより大きな規模の経済性をもたらすことを明確に示している。

代替の弾力性の推定値については、会社について労働の自己価格弾力性の平均値が正となり、しかもかなり不安定な結果を与えていることが目立っている。これは各電力会社の雇用がかなり個別的な特殊事情に左右されているためであると思われる。

### 3.4 実証結果のまとめ

われわれの得たクロス・セクション長期平均費用関数、および $\sigma$ の推定値について簡単にその含意をまとめておくことにしよう。

わが国火力発電はほぼ平均費用逡減領域において生産活動が行われており、その限りにおいては、消極的にはあるが、われわれの得た結果は現在の介入政策を支持する。特に、現在の企業規模は、第4図Aからも明らかのように、会社の合併から得られる利益はわずかであるのに対し、会社の分割によりもたらされる不利益は大きい領域にあることから、発電については産業組織論的観点からはほぼ妥当な企業数にあるといつてよいと思われる。また第4図Bは、プラントの総体的な大型化が規模の経済性をもたらすことを期待できることを示している。

## 4. むすび

われわれは産業組織論的な見地から、実証的に明らかにされるべき重要な問題として、クロス・セクション長期平均費用関数が逡減しているか否かという問題があることを確認したの

ち、わが国火力発電のクロス・セクション長期費用関数について次のような実証結果を得ることができた。

- (1) 9電力会社の火力発電の平均費用は逡減しており、全てのサンプルは規模の経済性を享受しうる領域にある。
- (2) 会社規模の増大によって火力発電の規模の経済性は低下する。
- (3) 9電力会社の火力発電の各平均プラントの費用関数は homothetic であり、規模の小さいサンプルは未だ平均費用逡増領域にある。
- (4) 火力発電の平均プラントの増大は規模の経済性の増大をもたらす。

社会的な平均費用の最小化という観点から得られる上記の結果の含意は直接的なものではあるが、実証に先立って検討したように、電気事業の法律的独占体制について発電の費用関数の形状がもつ意味は必ずしも決定的なものではありえない。われわれはこのような実証分析から政策的含意を導出するについては十分に慎重でなければならないだろう。その意味で、われわれの得た結果は、わが国の火力発電においては自然独占が成立する条件があるという命題に対する反証は得られなかったという消極的な主張を含意するととどまることを改めて確認して、むすびに代えることにしたい。

\*) 本稿の作成にあたって、熊倉修、斉藤雄志、若林剛（電力中央研究所）の各氏より有益な助言を頂いた。また本稿のもとになった報告書に対して筒井義郎氏（名古屋市立大学）より貴重なコメントを頂いた。記して感謝申し上げます。断るまでもなく、有りうべき誤りは全て筆者によるものである。

## 参考文献

- Berndt, E. R. and L. R. Christensen, "The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures, and Labor in U. S. Manufacturing 1929-68," *Journal of Econometrics*, 1 (1973), pp. 81-114.
- Christensen, L. R. and W. H. Greene, "Economies of Scale in U. S. Electric Power Generation," *Journal of Political Economy*, Vol. 84, No. 4, (1976), pp. 655-676.
- Johansen, L., *Production Functions*, North-Holland, Amsterdam, 1972.
- Robinson, E. A. G., *The Structure of Competitive Industry*, Cambridge U. P., 1958 (邦訳: 黒松巖訳『産業の規模と能率』有斐閣, 1969)
- Sato, R., *Theory of Technical Change and Economic Invariance*, Academic Press, New York, 1981.
- 飯倉稜「エネルギー関連投資の動向と留意点」, 清水文雄編『日本のエネルギー計画』エネルギー・ジャーナル社, 1982.
- 今井賢一, 宇沢弘文, 小宮隆太郎, 根岸隆, 村上泰亮『価格理論Ⅲ』岩波書店, 1972.
- 熊倉修, 大山達雄「Translog型生産関数理論の電気事業への適用」電力中央研究所研究報告, 580004, 1981.
- 南部鶴彦『産業組織と公共政策の理論』第12章, 日本経済新聞社, 1982.
- 大澤悦治「電気料金—その理論と現実的課題」, 『エネルギー』1983, 2月号.
- 柴山幸治『計量経済学』ミネルヴァ書房, 1962.
- 茂原一洋, 大山達雄, 斎藤雄志, 熊倉修, 山地憲治「Translog型生産関数の理論と応用」, 電力中央研究所内部資料, No. 7904, 1979.

(いざわ ひろし  
経済部  
エネルギー研究室)