

電力의 多商品性 및 規模의 經濟에 관한 研究

李 滿 基*

〈目 次〉

- I. 서 론
- II. 모 형
 - 1. 다상품 총비용함수
 - 2. 요소비용 비중함수
 - 3. Ramsey 수익비중함수
 - 4. 다변량회귀모형 및 추정방법
 - 5. 함수형태의 제약에 대한 가설검증
- III. 비용함수의 추정
 - 1. 자료
 - 2. 추정결과
- IV. 요약 및 결론

I. 서 론

전력은 생산과정과 소비과정에서 투입되는 中間財로써 사용되며 근대 산업 사회의 경제활동에 있어서 필수불가결한 財貨이다. 과거 한국의 전력수요증가율은 에너지수요증가율 보다 높은 수준을 유지하여 왔는데 이러한 경향은 전력이라고 하는 상품이 제공하는 편리성 때문에 앞으로도 계속 유지될 것으로 전망된다. 따라서 電力産業이 국민경제에서 차지하는 중요도도 계속 증대하는 추세를 보일 것으로 예상된다. 본 연구의 목적은 한국의 전력부문에 규모의 경제가 존재하고 있는가에 대하여 분석하는 것이다. 국가가 새로운 기업의 시장진입을 통제하여 자연독점 상태를 유지시키는 것이 사회적

* 한국 원자력연구소, 선임연구원

비용의 측면에서 바람직한 지의 여부는 규모에 대한 경제의 존재뿐만 아니라 동태적 효율성, 내부비효율성 등에 의해서도 영향을 받는다. 따라서 자연 독점상태의 지속적 유지여부에 대한 의사결정을 위하여는 이와 같은 종합적 분석이 요구된다. 그러나 규모에 대한 경제의 존재 여부는 전력산업구조 조정의 중요한 정책적 정보임은 분명하다. 규모의 경제를 분석하기 위하여는 비용함수의 추정모형이 올바르게 설정되어야 하며 또한 비용함수의 올바른 추정을 가능하게 하는 적당한 자료를 선정해야 한다.¹⁾ 비용함수의 추정에 있어서는 일반적으로 횡단면자료를 이용한다. 그런데 우리나라에는 전력회사가 하나밖에 없으므로 횡단면자료를 입수할 수 없으며 따라서 시계열자료를 사용할 수밖에 없다. 시계열자료를 사용하는데 있어서 가장 큰 문제점은 관측된 비용자료에 기술수준의 변화로 인한 비용변화분이 포함되어 있다는 것이다. 시계열자료를 사용하는 한 이러한 문제점은 피할 수 없으나 이를 극소화하는 방법으로 본 연구에서는 시계열 자료의 년도별 구간을 비교적 짧게 설정하였으며 추정에 있어서의 자유도 확보를 위해 연간 자료 대신에 분기별 자료를 사용하였다. 또한 전력을 단일 상품이 아니라 다상품으로 인식하여 비용함수 추정모형의 타당성을 검증하였다.²⁾ 즉 동일한 발전설비로부터 생산된 전력이라고 하더라도 수용가 그룹별로 다른 상품으로 인식한다는 것이다. 우리나라의 전력 수용가 그룹은 용도별로 주택용, 상업용, 산업용으로 분류할 수 있다.³⁾ 용도별 전력수요자들이 소비하는 전력은 동일한 발전설비로부터 생산된 것이지만 이를 소비하는 용도별 소비자에 따라서는 한계

1) 생산함수의 추정을 통하여 규모의 경제를 분석할 수도 있다. 그러나 전력산업의 경우 생산량의 결정은 기업의 이윤극대화 과정에서 도출되는 내생변수라기 보다는 주어진 수요를 충족시키는 과정에서 외생적으로 결정된다. 따라서 전력산업에 있어서 생산함수의 추정은 바람직하지 못하다.

2) 다상품모형설정에 대한 이론적 문헌과 전력부문의 실증분석에 관한 문헌은 다음 논문 참조.

- Brown, R., Caves, D. and Christensen, L.R., "Modelling the Structure of Cost and Production for Multiproduct Firms", Southern Economic Journal, Vol. 46, no. 1, 1979.
- Karlson, S.H., "Multiple-Output Production and Pricing in Electric Utilities", Southern Economic Journal, Vol. 53, July 1986.

3) 일반용과 교육용을 합하여 상업용으로 분류하고 농사용을 산업용에 포함시켰다.

4) 소비자 그룹을 최대부하와 경부하로 분류하여 분석하는 것이 보다 의미가 있으나 이에 대한 실질적 자료를 구할 수 없다는 문제점이 있다. 최대부하와 경부하간의 가격의 효율성을 평가하기 위해서는 부하시간대별로 구체적인 자료가 요구된다.

비용이 차이가 나므로 경제학적으로 서로 다른 상품이다.⁴⁾ 용도별 소비전력의 비용이 서로 다른 것은 소비량의 규모와 부하율(Load Factor)의 크기가 서로 다르기 때문이다.⁵⁾ 부하율이 높을 수록 공급비용은 적게 드는데 일반적으로 에너지 소비량의 규모가 커질수록 부하율이 높아지는 관계가 있다.⁶⁾ 산업용의 소비규모가 가장 크고 그 다음은 상업용, 주택용의 순이므로 공급비용은 산업용이 가장 저렴하고 그 다음은 상업용, 주택용임을 알 수 있다. 공급비용에 영향을 미치는 요인으로서는 부하율 이외에도 송전비용을 들 수 있다. 산업용 전력은 고압으로 송전되므로 송전손실이 적어 다른 부문에 비하여 공급비용이 더 저렴하게 된다.

규모의 경제의 존재 여부는 平均費用曲線의 형태로 파악할 수 있다. 평균비용곡선이 하락하는 부분에서 생산활동이 이루어지고 있으면 규모의 경제가 존재한다는 것을 나타낸다. 그런데 단일 상품비용함수 모형에서는 평균비용곡선의 도출이 가능하지만 다상품모형에서는 상품별 평균비용의 도출이 불가능하므로 평균비용곡선의 형태를 이용하여 規模의 經濟를 분석할 수 없다. Baumol et al.(1982)는 다상품비용함수 모형에서 weak cost complementarities조건이 성립하면 항상 규모의 경제가 존재한다는 것을 증명하였다. weak cost complementarities조건이란 한 상품의 생산증가는 다른 상품 생산의 한계비용을 항상 감소시킨다는 것으로, 이를 수식으로 표현하면 $\partial^2 C / (\partial q_1 \partial q_2) \leq 0$ 의 관계가 항상 성립한다는 것이다. 여기서 C는 총비용, q_i 는 i 부분의 상품생산량을 나타낸다. 즉 weak cost complementarities 조건은 규모의 경제가 존재하기 위한 充分條件 이라는 것이다. 따라서 본 연구에서는 weak cost complementarities 조건의 성립 여부를 검증함으로써 전력산업의 규모의 경제를 분석한다.⁷⁾

본 연구는 전력의 비용함수설정에 있어서 다상품 모형설정의 타당성을 검

5) 부하율=(소비자가 일정한 기간동안 소비한 총에너지량)/(소비자가 일정한 기간동안 그의 최대부하로 계속해서 소비했을 때의 총에너지 소비량)

6) Scherer, C.R., Estimating Electricity Power System Marginal Costs, North-Holland, 1977. p28.

7) weak cost complementarities 조건은 규모의 경제가 존재하기 위한 충분조건이므로 비록 weak cost complementarities 조건이 성립되지 않더라도 규모의 경제가 존재할 수도 있다는 가능성을 내포하고 있다. 따라서 본 연구에서는 weak cost complementarities 조건이 외에도 다상품비용함수 모형의 규모의 경제에 관한 지표를 활용하여 분석하였다.

증한 후 비용함수추정을 수행하였다. 추정된 비용함수를 이용하여 전력부문의 규모의 경제에 대한 평가를 수행하였다. 다상품 모형설정의 타당성이 인정되면 기존의 단일 상품모형에 기초한 추정결과의 해석은 수정되어야 한다.

II. 모 형

1. 다상품 총비용함수

多商品超越代數형태의 일반적인 총비용함수는 다음과 같이 나타난다.⁸⁾

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln q_i + (1/2) \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \beta_{ij} \ln q_i \ln q_j \\ & + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \theta_{ij} \ln \omega_i \ln q_j + \sum_{i=1}^n \gamma_i \ln \omega_i \\ & + (1/2) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln \omega_i \ln \omega_j + e_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

여기서

C : 총비용

q_i : i 그룹의 전력수요

ω_i : 생산요소가격(자본비용, 임금, 연료가격)

m : 상품의 갯수

n : 생산요소의 갯수

e_{it} : white noise 항.

(1)식은 하나의 상수항, $m+n$ 개의 1차항 계수, $(m+1)(m/2) + (n+1)(n/2) + mn$ 개의 2차항 계수로 구성된다. 그러나 직접 추정할 계수의 수는 이보다 적다. 이는 모든 비용함수는 생산요소가격에 대하여 一次同次函數의 성격을 가져야 하기 때문이다. 다음과 같은 $m+n+1$ 개의 선형제약조건을 (1)식에 부과함으로써 비용함수가 생산요소가격에 대하여 一次同次性을 갖기 위한 必要充分條件이 성립된다.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \gamma_i &= 1 \\ \sum_{i=1}^n \theta_{ij} &= 0 \quad (j=1, \dots, m) \end{aligned}$$

8) 생산기술에 대한 제약을 가하지 않은 일반적인 형태이다.

$$\sum_i^n \gamma_{ij} = \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} = 0$$

이러한 선형제약조건으로 인하여 (1)식의 직접추정 계수의 수는 $(m+n+1)(m+n)/2$ 로 줄어 든다.

2. 요소비용비중함수

비용함수는 생산요소의 수요함수에 대한 정보를 갖고 있으며 이러한 정보를 활용하여 비용함수의 계수를 추정하면 더욱 효율적인 추정치를 얻을 수 있다. 비용함수가 설정되면 생산요소 수요함수가 쉽게 도출될 수 있다. 이는 비용함수를 각 생산요소의 가격으로 미분함으로써 얻게 된다. X_i 를 생산요소라고 하면 $\partial C / \partial w_i = X_i$ 의 관계가 성립하게 된다.

이러한 결과는 Shephard's lemma로 알려졌으며 이를 log 형태로 나타내면 $\partial \ln C / \partial \ln w_i = (\partial C / \partial w_i)(w_i / C) = (w_i X_i / C) = s_i$ 가 된다.⁹⁾ 여기서 s_i 는 i 번째 생산요소의 費用比重을 나타낸다. 이러한 결과를 (1)식의 超越代數 비용함수에 적용시키면 각 생산요소의 비용비중 방정식은 다음과 같이 나타난다.

$$s_i = \gamma_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln w_j + \sum_{j=1}^m \theta_{ij} \ln q_j + e_{2i} \quad (2)$$

단, $i=1, \dots, n$

비용함수를 직접추정할 수도 있으나 보다 효율적인 추정치를 구하기 위한 방법으로 비용함수와 비용비중 방정식을 하나의 多變量回歸方程式으로 보고 추정하는 시도가 Christensen and Greene(1976)에 의하여 제시되었다. 이러한 방법은 비용함수의 추정에 費用比重 方程式을 포함시킴으로써 自由度를 증가시키는 결과가 되어 더욱 효율적인 추정치를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 事前에 생산기술에 대한 제한을 가하지 않아도 된다는 점에서 매우 바람직한 추정방법이라고 할 수 있다.¹⁰⁾

9) 이에 대한 문헌은 다음 논문 참조 바람.

◦ Shepard, R.W. Cost and Production Functions, Princeton: Princeton University Press, 1953.

◦ Henderson, J.M. and Quant, R.E., Microeconomic Theory, McGraw-Hill, 1971.

10) 제한이 가해지지 않는 변수의 추가는 없으므로 자유도의 손실은 발생하지 않는다.

3. Ramsey 수익 비중함수

(1)식과 (2)식을 가지고 규모의 경제여부를 도출하는 데 있어서 실질적인 어려움은 규모의 경제의 여부를 결정짓는 계수인 $\beta_i, \beta_p, \beta_w$ 가 (1)식에만 나타난다는 점이다. 따라서 이들 계수에 대한 통계적 추정치의 정확도를 기대하기가 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Nelson et al.(1987)은 생산물시장에서 가격의 행태를 묘사하고 있는 방정식을 추가하여 추정하는 방법을 제시하였다. Ramsey 수익비중함수는 총비용함수로부터 한계비용함수를 도출한 후, 한계비용(MC)과 가격(P)과의 관계를 나타내는 다음과 같은 식에 의하여 도출된다.

$$P_i = MC_i(1 - k_i \frac{1}{\eta_i})^{-1} \quad (3)$$

단, $i=1, \dots, m$

여기서 k_i 는 각 소비자 그룹의 Ramsey number이다. (3)식의 MC_i 는 총비용함수인 (1)식을 전력생산량으로 미분함으로써 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} MC_i &= \partial C / \partial q_i \\ &= \frac{\partial \ln C}{\partial \ln q_i} \cdot \frac{C}{q_i} \quad (4) \\ &= [\beta_i + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln q_j + \sum_{j=1}^n \theta_j \ln w_j] \end{aligned}$$

(4)식을 (3)식에 대입하면 다음과 같은 Ramsey 收益 比重 方程式이 도출된다.

$$\frac{P_i q_i}{C} = (\beta_i + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln q_j + \sum_{j=1}^n \theta_j \ln w_j) (1 - k_i \frac{1}{\eta_i})^{-1} + e_{3i} \quad (5)$$

단, P_i : i 부문의 전력가격(사후적 평균가격)

i : 1, ..., m

k_i : i 부문의 Ramsey number

η_i : i 부문의 가격탄력성

(5)식은 수용가 그룹 i 로부터 얻은 수익이 총비용에서 차지하는 비중이 생

산-비용 탄력성과 mark-up factor의 곱과 일치한다는 것이다. 여기서 mark-up factor는 Ramsey number와 전력수요의 가격탄력성에 좌우된다.

4. 다변량회귀모형 및 추정방법

추정방법은 Zeller의 ITSUR (Iterative Seemingly Unrelated Regressions) 방법을 사용하였다.¹¹⁾ 추정 대상 방정식은 費用函數, 生産要素費用比重方程式 그리고 Ramsey 收益 比重方程式으로 구성되며 각 방정식의 오차항들은 서로 相關關係를 갖고 있다고 가정하고 이를 추정에 이용하여 효율적인 추정치를 산출한다. 이 때 생산요소비용 비중방정식의 합은 항상 1이 되므로 추정 공분산 행렬이 singular 하게 되어 추정이 불가능하다. 따라서 일반적으로 생산요소비용 비중방정식중 하나를 제외하게 되는데 본 연구에서는 노동비용 비중방정식을 제외하기로 한다.¹²⁾

5. 함수형태의 제약에 대한 가설검증

이와 같은 모형설정의 타당성을 검증하기 위하여 함수형태의 제약에 대한 가설을 설정하였다. (1)식, (2)식, (5)식으로 구성되는 모형을 일반형(unrestricted)이라고 하고 homogeneity, separability, Klein-Cobb-Douglas 등의 함수형태(제약형태)에 대한 假說檢定을 수행한다.

Homogeneity의 제약을 (1)식의 추정계수에 대한 제약으로 표현하면 다음과 같다.¹³⁾

11) Iterative Seemingly Unrelated Regressions 모형은 SUR모형을 반복적으로 수행하여 수렴하는 추정치를 산출하는 방법이다. SUR모형에 관한 참고문헌은 다음과 같다.

① George G.J., E.E. Griffiths, R. Carter Hill, Helmut Lutkepohl, Tsoung-Chao Lee, The theory and practice of econometrics, second edition, NY: John Wiley & Sons, 1985. pp.466-470.

② J.Jonston, Econometric methods, third edition, McGROW-Hill COMPANY, 1984, pp. 337-341.

③ G.S. Maddala, Econometrics, McGROW-Hill COMPANY. pp.465-467.

12) 특정 생산요소 비용 비중방정식의 제외와는 무관하게 서로 비슷한 추정결과를 얻었다.

13) ○ 비용함수의 homogeneity제약조건은 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^m \frac{\partial \ln C}{\partial \ln q_i} = \text{상수}$$

○ 생산요소가격에 대한 一次同次條件에 의해 $\sum_{j=1}^n \theta_{ij}=0 (j=1,2,\dots,m)$ 이 이미 부과되었으므로 $\sum_{j=1}^m \theta_{ij}=0 (j=1,2,\dots,n)$ 의 n 개의 조건중 1개는 redundant하다. 즉 $(n-1)$ 개 만이 독립적이다.

$$\sum_{i=1}^m \beta_{ij} = 0 \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_j \theta_{ij} = 0 \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

또한 separability의 제약을 (1)식의 추정계수에 대한 제약으로 표현하면 다음과 같다.¹⁴⁾

$$\theta_{ij} = 0 \quad (i=1, \dots, n) \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

그리고 Klein-Cobb-Douglas 형태의 제약을 추정계수에 대한 제약으로 표현하면 다음과 같다.

$$\beta_{ij} = 0 \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

$$\theta_{ij} = 0 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

$$\gamma_{ij} = 0 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

III. 비용함수의 추정

1. 資 料

비용함수를 추정하기 위하여는 생산요소 수량과 생산요소 가격에 대한 자료가 필요하며 또한 그룹별로 소비하는 전력 수량과 전력가격에 대한 자료가 필요하다. 본 연구에서는 생산요소를 燃料, 資本, 勞動의 3가지로 설정하였으며 소비자 그룹의 구분은 주택용, 상업용, 산업용의 3부분으로 하였다. 자본에 대한 자료는 發電部門 뿐만 아니라 送電과 配電部門도 포함하여야 한다. 송배전 부문의 생산과정이 소비자 그룹의 상대적인 한계비용에 큰 영향을 미치므로 자본에 대한 자료에 송배전 부문이 포함되어 있어야 하는 것은 중요하다. 비용함수의 추정에는 橫斷面 資料(cross section data)를 이용하는 것이 바람직하지만 우리나라의 경우 전력부문에서 횡단면 자료를 얻는다는 것은 거의 불가능하므로 時系列資料를 이용하였다. 시계열자료를 이용할 경우 가장 큰 문제는 관측된 자료에 생산기술의 發展效果가 포함되

14) $\partial / \partial \ln w_l \left((\partial \ln C / \partial \ln q_i) / (\partial \ln C / \partial \ln q_k) \right) = 0 \quad (i, k=1, 2, \dots, m) \quad (l=1, 2, \dots, n)$

어 있다는 점이다. 비용함수의 구조와 이에 상응하는 생산함수는 그 생산기술이 일정한 상태에서 분석의 의미가 있다. 시계열자료를 이용할 경우 이와 같은 기술진보 효과를 배제하기 위하여 일반적으로 趨勢變數를 도입하지만 이는 너무 자의적인 성격이 강하다.¹⁵⁾ 따라서 본 연구에서는 技術發展의 효과를 배제하기 위하여 <표 1>과 같은 우리나라의 발전원별 발전량 구성 추이 중에서 발전원의 구성이 비교적 일정한 시기인 1984년 1/4분기부터 1991년의 4/4분기까지의 분기별 자료를 시계열자료로 사용하였다.¹⁶⁾ 또한 분기별 자료를 사용함에 따라 관측자료에 계절별 추세가 존재하게 되는데 이를 제거하기 위하여 더미변수(dummy variable)을 사용하였다. 비용자료는 한국전력공사의 분기별 대차대조표와 손익계산서의 자료를 이용하였으며 모든 비용자료는 1980년 기준의 도매물가지수로 deflate하였다. 연료가격은 손익계산서에 기재된 분기별 연료비를 분기별 발전량으로 나누어 구하였다.¹⁷⁾ 따라서 연료가격의 단위는 원/kWh 로 표현된다. 자본의 가격을 구하기 위하여는 자본에 대한 비용을 자본량으로 나누어야 하는데 본 연구에서는 자본을 대차대조표상의 타인자본(부채)과 자기자본의 합으로 가정하였으며 타인자본(부채)과 자기자본을 도매물가지수로 deflate한 후 타인자본에 대하여는 지급이자율 자본비용으로 간주하였고 자기자본에 대하여는 市場의 公金利를 적용하였다.¹⁸⁾ 이렇게 산출된 타인자본의 비용과 자기자본의 비용을 합하고 여기에 감각상각비를 더하여 총자본비용을 산출하였다. 각 년도별 분기별 자본량은 직접 관측될 수 없으므로 발전설비용량(kW)을 자본량의 代理變數로 사용하였다. 따라서 자본가격은 총자본비용을 발전설비용량으로

15) 횡단면자료에서는 각 전력회사가 하나의 관측단위가 되므로 기술진보에 대한 효과는 일반적으로 vintage에 의하여 처리된다. 즉 사용하고 있는 송배전 및 발전설비가 노후화될 수록 기술진보가 실현되지 않은 것으로 간주한다(발전설비의 보유년수가 짧을 수록 기술진보가 실현된 것으로 간주한다). 이러한 접근 방법은 매우 타당한 것으로 판단된다.

16) 현재의 발전량중에서 원자력발전이 차지하는 비중은 약 45%수준이다. 원자력발전이 본격적으로 도입되기 시작한 것은 1983년부터인데 본 연구에서는 발전기술의 진보효과를 최대한 제거하기 위하여 1984년부터의 시계열자료를 이용하였다.

17) 분기별 발전량은 다음의 자료를 이용하였다.

주요전력통계(속보), 한국전력공사, 경영정보처

18) ○ 이와같은 자본가격의 산출방법은 손양훈, 정태용 “전력산업의 규모의 경제성에 관한 연구” 에너지경제연구원, 1993.6 의 방법과 비슷하다.

○ 시장의 공급리는 3년만기 회사채 이자율을 적용하였다.

나누어 구하였으며 자본가격의 단위는 원/kW가 된다.

〈표 1〉 발전원별 발전량 구성 비율

(단위: %)

	수력	석탄	석유/가스	원자력	총계
1977	5.2	5.2	89.3	0.3	100
1978	5.7	3.0	83.9	7.4	100
1979	6.5	3.5	81.1	8.9	100
1980	5.3	6.7	78.7	9.3	100
1981	6.7	6.3	79.8	7.2	100
1982	4.6	6.1	80.5	8.8	100
1983	5.6	8.8	67.3	18.3	100
1984	4.5	24.9	48.7	21.9	100
1985	6.3	30.4	34.4	28.9	100
1986	6.2	28.2	21.8	43.8	100
1987	7.2	21.5	18.2	53.1	100
1988	4.2	23.2	25.7	46.9	100
1989	4.8	19.9	25.2	50.1	100
1990	5.9	18.6	26.4	49.1	100
1991	4.2	17.0	31.3	47.5	100

노동가격은 노동비용을 노동량으로 나누어 산출하는 데 노동비용은 인건비, 퇴직금 등으로 구성되며 노동량은 고용인원으로 하였다. 따라서 노동가격은 노동비용을 노동량으로 나누어 산출되므로 노동가격은 원/人 으로 표현된다.

수요자 그룹별로 소비하는 전력은 생산전력과 일치한다고 가정하였으며 각 소비자 그룹이 소비하는 전력의 가격은 각 소비자 그룹의 평균가격으로 측정하였다.

2. 推定結果

수용자별 즉 주택용, 상업용, 산업용 각각의 소비 전력이 서로 다른 상품으로 하여 3상품 모형을 설정하여 비용함수를 추정한 결과 多重共線性的의 문제가 심각하여 본 연구에서는 주택용과 상업용을 합하여 하나의 동일한 부분으로 가정하여 2상품모형을 설정하였다.

본 연구에서는 생산기술에 아무런 제약을 가하지 않은 일반적인 형태의 超越代數 비용함수를 설정하였으며 생산기술에 제약을 가하는 함수형태로

는 separability, homogeneity, Klein-Cobb-Douglas를 설정하여 각각 추정함으로써 모형설정의 타당성을 검증하였다.

추정결과는 〈표 2〉와 같은데 모든 모형에 있어서 추정계수의 유의성은 비교적 높은 것으로 나타났다. 추정된 비용함수가 이론과 부합하기 위해서는 반드시 일정한 조건을 충족시켜야 된다. 이는 생산요소비용 비중방정식의 값은 0과 1사이의 값을 가져야 하며 동시에 concavity 조건을 만족시켜야 한다는 것이다. 〈표 2〉의 추정결과는 이와 같은 조건들을 모두 충족시키는 것으로 나타나 추정된 비용함수가 이론적으로 타당한 것임을 알 수 있다.¹⁹⁾

함수형태의 타당성에 대한 가설검정은 尤度比檢定(Likelihood ratio test)으로 평가하였다.²⁰⁾ 제약형과 일반형의 추정 공분산행렬의 determinant값을 각각 $|\hat{\Omega}_R|$ 과 $|\hat{\Omega}_U|$ 라고 하고, T 를 관측치의 수라고 하면 尤度比 λ 는 다음과 같다.

$$\lambda = (|\hat{\Omega}_R|/|\hat{\Omega}_U|)^{-T/2}$$

그런데 $-2\ln\lambda$ 는 χ^2 분포를 따르며 자유도는 독립적인 제약의 갯수와 같다. 尤度比檢定을 이용하여 함수의 제약 형태에 대하여 가설검정을 수행하였으며 그 결과는 〈표 3〉과 같다. 여기서의 尤度比檢定은 일반형 즉 함수형태에 아무 제약을 가하지 않은 모형에 대한 것이다.

〈표 2〉 비용함수의 계수 추정결과

추정계수	Unrestricted	Homogeneity	Separability	Klein -Cobb-Douglas
α_0	-2.2354 (-1.59)	-2.2244 (-21.56)	-3.6869 (-2.28)	-4.2675 (-37.05)
β_1	0.4731 (2.71)	0.6470 (17.38)	0.9777 (4.85)	0.4157 (58.25)
β_2	0.2938 (1.78)	0.2271 (5.87)	0.2060 (1.12)	0.4284 (63.04)
β_{11}	0.1664 (10.57)	0.2000 (12.02)	0.1762 (7.95)	

* 괄호안은 t값임.

19) 생산요소가격에 대한 일차동차조건은 사전적으로 주어졌다.

20) 우도비검정은 생산기술에 아무런 제약을 가하지 않은 함수형태를 기준으로 한다.

〈표 2〉 (계속)

추정계수	Unrestricted	Homogeneity	Separability	Klein -Cobb-Douglas
β_{12}	-0.1417 (-8.01)	-0.1999 (-12.02)	-0.2251 (-0.04)	
β_{22}	0.1386 (5.80)	0.2000 (12.02)	0.2400 (8.31)	
θ_{11}	-0.0569 (-6.66)	-0.0268 (-2.53)		
θ_{12}	0.0353 (3.28)	0.0268 (2.53)		
θ_{21}	-0.0100 (-2.54)	0.0008 (0.13)		
θ_{22}	-0.0351 (-6.45)	-0.0008 (-0.13)		
θ_{31}	0.0669 (10.83)	0.0260 (4.61)		
θ_{32}	-0.0002 (-0.02)	-0.0260 (-4.61)		
γ_1	-0.0934 (-1.31)	-0.3560 (-9.37)	-0.3450 (-9.25)	0.5721 (87.11)
γ_2	0.4490 (14.52)	0.0770 (3.68)	0.0669 (3.39)	0.0960 (24.67)
γ_3	0.6444 (12.24)	1.2790 (56.16)	1.2751 (58.07)	0.3319 (36.16)
γ_{11}	0.2074 (20.97)	0.2162 (18.20)	0.2164 (18.09)	
γ_{12}	-0.0485 (-11.94)	-0.0382 (-5.69)	-0.0371 (-5.53)	
γ_{13}	-0.1589 (-22.76)	-0.1780 (-28.24)	-0.1793 (-28.16)	
γ_{23}	0.0904 (38.39)	0.0626 (14.75)	0.0630 (14.91)	
γ_{23}	-0.0418 (-17.34)	-0.0244 (-7.43)	-0.0259 (-7.67)	
γ_{33}	0.2006 (36.63)	0.2024 (43.74)	0.2052 (45.31)	
δ_1	-0.0188 (-2.46)	-0.0198 (-2.36)	-0.0178 (-2.28)	0.0455 (2.52)
δ_2	0.0057 (0.72)	0.0044 (0.50)	0.0007 (0.09)	0.0024 (0.14)
δ_3	-0.0259 (-3.27)	-0.0286 (-3.22)	-0.0187 (-2.30)	0.0091 (0.50)
$\log \hat{\Omega} $	-44.7668	-40.8671	-40.4198	-34.3344

*, 괄호안은 t값임. *, δ_i 는 분기별 더미변수임.

〈표 3〉 Restricted 모형의 尤度比檢定 결과²¹⁾

	계산 통계치	제약의 갯수	χ^2 표의 기준치 (1% 하에서)
homogeneity	124.79	4	13.28
separability	139.10	4	13.28
Klein-Cobb-Douglas	333.84	10	23.21

尤度比檢定(likelihood ratio test)의 결과 제약을 가한 함수 형태는 모두 기각되었다. 계산 통계치는 χ^2 표의 기준치보다 모두 큰 것으로 나타남으로써 모형설정의 타당성이 통계적으로 거의 인정될 수 없는 것으로 나타났다. 따라서 unrestricted 형태의 超越代數函數를 설정해야 할 필요성이 인정되며 생산기술에 대한 제약을 사전에 가하여 함수형태를 설정하는 시도는 그 타당성이 결여된 것으로 평가된다.²²⁾

생산함수 또는 비용함수의 실증분석을 통하여 어떤 기업이나 산업의 생산구조를 파악할 수 있다. 生産函數뿐만 아니라 費用函數도 동일한 생산기술을 반영하고 있다는 사실이 duality 이론에 의하여 밝혀지게 됨에 따라 생산기술의 평가를 위하여 생산함수뿐만 아니라 비용함수도 많이 이용하게 되었다. 생산량이 內生變數일 경우에는 생산함수를 설정하여 추정하는 것이 바람직하지만 생산량이 外生的으로 주어지는 경우에는 비용함수의 추정이 더 바람직하다.²³⁾ 전력회사는 일반적으로 이윤을 극대화하기 위하여 생산수준을 결정하지 않고 모든 수요를 규제된 가격으로 공급하도록 되어 있다. 따라서 전력회사는 외생적으로 주어진 생산량을 적절히 공급하기 위하여 생산요소의 수요량을 내생적으로 결정하는 셈이 된다. 비용함수의 설명변수는 생산량과 생산요소가격이므로 생산함수보다는 비용함수에 의한 실증분석이 더 바람직하다고 볼 수 있다.²⁴⁾ 여기서는 추정된 비용함수를 이용하여 규모

21) 각 모형의 계산 통계치는 다음과 같이 산출되었다.

homogeneity : $19.26 = \left(-40.8671 - (-44.7668) \right) \times 32$

separability : $139.10 = \left(-40.4198 - (-44.7668) \right) \times 32$

Klein-Cobb-Douglas : $333.84 = \left(-34.3344 - (-44.7668) \right) \times 32$

22) Hayashi, Sevier and Trapani(1985)에서는 사전적으로 separability의 가정을 설정하였으며 이에 대한 통계적 검정을 수행하지 않았다.

23) Christensen and Greene., op., cit., 1976. 참조.

24) 생산요소의 가격은 외생적으로 주어진다고 보는 것이 타당하다.

의 경제를 추정함으로써 우리나라의 전력산업의 생산기술수준을 평가하고자 한다.

규모의 경제는 일반적으로 모든 생산요소를 일정한 비율로 증가시킴에 따른 생산량의 증가 정도에 따라 평가된다. 비용을 C , 생산량을 q_i 라고 할 때, 다상품생산의 경우 규모의 경제(SCE)를 다음과 같이 나타낼 수 있다.²⁵⁾

$$SCE = 1 - \sum_i^m \partial \ln C / \partial \ln q_i$$

여기서 m 은 상품의 갯수이다.

추정된 비용함수를 이용하여 규모의 경제의 변화추세를 분석한 결과는 〈그림 1〉과 같은데 규모의 경제는 완만히 증가하고 있는 추세를 보이고 있다. 그런데 Baumol, Panzar and Willig(1982)는 多商品生産에 있어서 상품생산의 상호 의존성(Interdependency of output production)의 존재여부가 바로 규모의 경제 여부에 관한 정보를 제공할 수 있다고 하였다.²⁶⁾

q_i 를 i 부문의 생산량이라고 하고, C 를 총비용이라고 할 때 weak cost complementarities조건은 (6)식과 같다.

$$\partial^2 C / (\partial q_1 \partial q_2) \leq 0 \quad (6)$$

(6)식의 weak cost complementarities 조건이 규모의 경제가 존재하기 위한 충분조건이라는 것이다.

(6)식은 다음의 (7)식으로 표현가능하다.

$$\frac{\partial^2 C}{\partial q_1 \partial q_2} = \frac{C}{q_1 q_2} \left[\frac{\partial \ln C}{\partial \ln q_1} \frac{\partial \ln C}{\partial \ln q_2} + \beta_{12} \right] \quad (7)$$

擴張線上에서 (7)식은 (8)식으로 된다.

$$\frac{\partial^2 C}{\partial q_1 \partial q_2} = \frac{C}{q_1 q_2} [\beta_1 \beta_2 + \beta_{12}] \quad (8)$$

그런데 (8)식에서 $\partial^2 C / (\partial q_1 \partial q_2)$ 의 부호는 $\beta_1 \beta_2 + \beta_{12}$ 에 의하여 결정됨을 알 수 있다. Unrestricted 모형 추정결과에서는, $\beta_1 \beta_2 + \beta_{12}$ 의 값은 -0.0027

25) 다상품생산의 경우 규모의 경제성은 1 에서, output ray 선상의 비용탄력성을 빼준 것으로 나타낸다. 즉 생산량의 구성비가 분기별로 일정하다는 것을 전제로 한 것이다.

26) 상품생산의 상호의존성이란 한 상품의 생산량수준의 변화가 다른 상품의 한계비용에 영향을 미친다는 것이다.

으로 계산되었다. 이는 한 상품의 생산량 수준의 변화는 다른 상품 생산의 한계비용을 감소시키는 것을 의미한다. 따라서 unrestricted 모형의 추정결과는 weak cost complementarities 조건을 충족시키는 것으로 나타났으므로 규모의 경제가 존재한다는 것을 알 수 있다.

한국 전력부문의 규모의 경제성에 대한 기존 연구는 손양훈과 정태용(1993)이 있다. 이들 연구 결과는 본 연구의 결과와는 상충되는 것으로 전력부문의 규모의 경제성이 점차 상실되고 있는 것으로 분석되었다. 이러한 상충된 분석결과는 근본적으로 시계열자료의 사용에 기인한 것으로 판단된다. 시계열자료에는 기술진보의 효과가 내재되어 있는데 이를 제거하여야만 규모의 경제를 올바르게 평가할 수 있다. 손양훈과 정태용의 연구에서는 1964년에서 1991년까지의 연간 시계열자료를 사용하였는데 이 기간 동안에는 발전원의 구성이 크게 차이가 나고 發電技術이 크게 변화하였음에도 불구하고 기술진보효과를 배제하기 위한 시도가 수행되지 않았다. 본 연구에서도 시계열자료의 사용에 따른 문제점은 지니고 있으나 이를 최대한 극복하기 위하여 비교적 발전원의 구성이 일정한 기간으로 시계열구간을 한정하여 분석하였다.

IV. 요약 및 결론

비용함수는 多商品超越代數函數 형태로 설정하였으며 소비자 그룹별로 소비하는 전력은 경제학적 상품의 측면에서 서로 다른 상품이라고 간주하여 多商品模型을 도입하였다. 이와 같은 비용함수의 추정을 통한 분석결과는 다음과 같다.

첫째, 소비자별로 소비하는 전력이 서로 동일한 상품인지에 대한 가설검정을 수행하였는데 separability형태의 모형설정이 타당하지 않은 것으로 평가됨에 따라 전력은 하나의 상품이 아니라 소비자 그룹별로 다른 상품임이 검증되었다. 따라서 전력을 하나의 동질적인 상품으로 간주하고 소비자별 소비전력을 모두 합하여 하나의 상품으로 간주하고 모형을 설정하는 분석은 수정되어야 한다.

둘째, 비용함수의 형태에 아무런 사전적 제약을 가하지 않은 일반적인 모형인 超越代數 함수형태의 비용함수를 설정한 후, 이를 제약을 가한 모형과

비교하여 타당성을 검정하였다. 비용함수의 형태에 제약을 가한다는 것은 생산구조에 사전적으로 제약을 가하는 것과 동일한 것이다. 검정결과 separability, homogeneity, Klein-Cobb-Douglas 등의 함수형태에 대한 제약은 타당하지 않은 것으로 드러났다. 따라서 전력부문의 비용함수설정에 있어서 事前에 함수형태의 제약을 가하게 되면 왜곡된 결과를 얻을 수 있는 것으로 분석되었다.

세째, 전력생산의 기술수준에 대한 평가로서 전력생산의 규모에 대한 경제를 분석하였다. Baumol et al.(1982)는 다상품생산모형에 있어서 weak cost complementarities 조건의 성립은 規模의 經濟가 존재하기 위한 充分條件임을 증명하였는데 본 연구의 분석결과 weak cost complementarities 조건이 성립하는 것으로 나타났다. 따라서 한국의 전력부문은 생산에 있어서 규모의 경제가 존재하고 있는 것으로 판단된다.

參 考 文 獻

- 손양훈, 정태용, “전력산업의 규모의 경제성에 관한 연구”, 『경제학연구』, 제41집, 한국경제학회, 1993.
- 한국전력공사, 『주요전력통계(속보)』, 1984.1 - 1991.12.
- Baumol, W.J., Panzar, J.C. and Willig, R.D., “Weak Invisible Hand Theorems on the Sustainability of Prices in a Multiproduct Monopoly”, *American Economic Review*, Vol 67, June 1982.
- Brown, R., Caves, D. and Christensen, L.R., “Modelling the Structure of Cost and Production for Multiproduct Firms”, *Southern Economic Journal*, Vol. 46, no. 1, 1979.
- Christensen, L.R., Jorgenson, D.W. and Lau, L.J., “Transcendental Logarithmic Production Frontiers”, *Review of Economics and Statistics*, Vol. LV, No. 1, February 1973.
- Christensen, L.R., and Greene W.H., “Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation”, *Journal of Political Economy*, Vol 84, no. 4, 1976.
- George, G.J., E.E. Griffiths, R. Carter Hill, Helmut Lutkepohl, Tsoung-

Chao Lee, *The theory and practice of econometrics*, second edition, NY: John Wiley & Sons, 1985.

Hayashi, P.M., Sevier, M. and Trapani, J.M., "Pricing Efficiency under Rate-of-Return Regulation: Some Empirical Evidence for the Electric Utility Industry", *Southern Economic Journal*, Vol. 51, January 1985.

Henderson, J.M. and Quant, R.E., *Microeconomic Theory*, McGraw-Hill, 1971.

Jonston, J., *Econometric methods*, third edition, McGROW-Hill COMPANY, 1984.

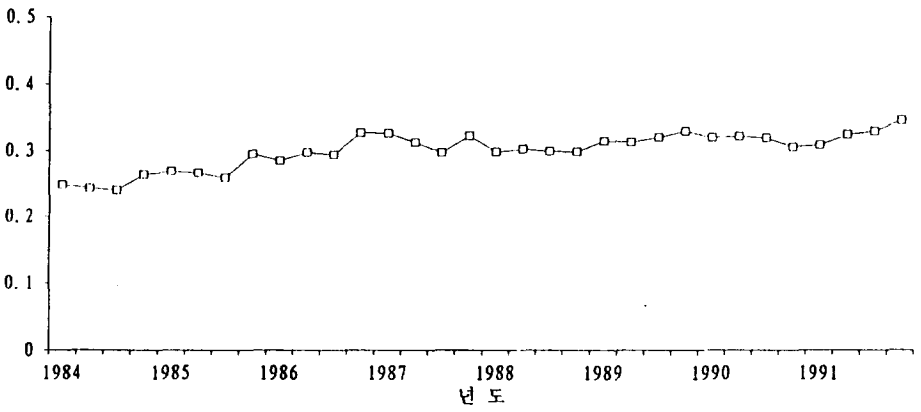
Karlson, S.H., "Multiple-Output Production and Pricing in Electric Utilities", *Southern Economic Journal*, Vol. 53, July 1986.

Maddala, G.S., *Econometrics*, McGROW-Hill COMPANY.

Nelson, J.P., Roberts, M.J. and Tromp, E.D., "An Analysis of Ramsey Pricing in Electric Utilities", in M.A. Crew, ed., *Regulating Utilities in an Era of Deregulation* (London: Macmillan, 1987).

Scherer, C.R., *Estimating Electricity Power System Marginal Costs*, North-Holland, 1977.

Shepard, R.W. *Cost and Production Functions*, Princeton: Princeton University Press, 1953.



〈그림 1〉 규모의 경제 변화추이