

# 電力産業의 規模의 經濟性에 관한 研究\*

孫 良 薰 · 丁 太 庸\*\*

## < 目 次 >

- I. 서 론
- II. 전력회사규모의 국제비교
- III. 모형의 설정
- IV. 비용함수의 추정
- V. 요약 및 결론

## I. 서 론

전력은 대규모의 투자가 요구되는 전형적인 장치산업이고 국가의 기간산업이기 때문에 경쟁대신에 정부의 적극적인 규제하에 운영되는 공기업 독점형태를 유지하고 있다. 시장수요를 복수의 기업이 분할하여 생산하는 것보다 한 기업이 독점적으로 생산하는 것이 생산비가 적게 소요된다면 독점기업이 사회적으로 효율적이라고 할 수 있다. 전력과 같은 공익사업(public utility)은 수요가 일정한 규모에 도달하기 이전에는 이 경우에 속한 것으로 간주되어 자연독점산업으로 운용되고 있다.

새로운 기업의 진입을 국가가 통제하는 자연독점기업을 유지하기 위한 전제 조건은 규모의 경제가 존재하는 영역에서 생산하고 있는가 하는 점이 요체가 된다. 사회적인 비용을 최소화하는 전력산업구조를 도출하기 위해서는 먼저 규모의 경제 유무를 판단할 수 있어야 한다. 그 결과가 만일 일정규모를 초과한 경우라면 규모의 경제가 일정한 수준에서 유지되는지, 혹은 지속적으로 하

\* 익명의 심사위원들께 감사드린다.

\*\* 본 논문에서 사용된 자료는 저자에게 요청할 수 있음.

락하는지 하는 점이 중요한 정책적 시사점을 제공한다. 따라서 경제적인 측면에서 유지가능한 자연독점이 되기 위해서는 규모의 경제가 중요한 검토사항이 된다고 볼 수 있다.

평균비용곡선이 우하향하는 국면, 즉 평균비용이 한계비용보다 높은 상태에서 생산할 때 규모의 경제가 있는 것으로 판단한다. 평균비용이 한계비용보다 높은 국면에서는 그 기업의 규모를 수요에 맞게 계속 확장하는 것이 사회적으로 효율적이지만 한계 비용이 평균비용보다 높아지게 되면, 즉 수요가 일정규모를 초과함으로써 규모의 경제가 소멸되는 시점에서부터는 자연독점체제를 재검토하고 새로운 기업의 진입허용을 고려해야 하는 상태에 도달하는 것을 의미한다.

이론적인 설명과는 달리 한 기업의 생산수준이 적정규모에 미달, 혹은 초과하는지를 판단하는 것은 용이한 일이 아니다. 더구나 전력산업이 비용최소화 이외에도 모든 산업의 기초가 되는 전력의 원활한 공급의무와 같은 정책적 목표가 매우 다양하게 존재할 수 있다는 점을 고려하면 비용만을 기초로 적정규모를 판단하는 것은 다소 논란의 여지가 있을 수 있다. 그러나 공기업활동의 근간이 수요를 충족하면서 비용을 최소화하여 사회적인 효율을 극대화하는데 있기 때문에 비용측면을 고려한 적정규모의 검토는 반드시 필요한 작업이라고 할 수 있다.

본 글은 우리나라 전력산업 규모의 경제를 검증하기 위하여 비용함수를 설정하고 그 추정결과에 따라 규모의 경제여부를 검증하기 위한 것이다. 먼저 2장에서는 전력회사 규모의 국제적인 추세와 규모의 경제에 대한 연구를 살펴보고 3장에서는 비용함수의 설정과 이론적인 전개를 통해 접근모형을 제시한다. 4장에서는 사용한 자료와 추정방법을 먼저 설명한다. 이에 이어 전력산업 전체, 즉 총비용함수의 추정결과와 발전부문의 추정결과를 차례로 살펴보고 이어서 요소가격의 변화에 대한 요소투입의 탄력성과 규모의 경제가 어떻게 변화하고 있는지 살펴본다. 마지막으로 요약및 결론이 이어진다.

## II. 전력회사규모의 국제비교

경제환경이 다르기 때문에 일률적으로 비교할 수는 없지만 외국의 경우에도 자연독점의 형태를 계속 유지하고 있는 예를 쉽게 볼 수 있다. <표 1>에서 제

시된 외국의 사례 중 프랑스와 이태리 그리고 대만이 우리나라와 같이 자연독점적인 전력산업구조를 갖고 있고 그외의 국가들에 있어서는 다양한 형태의 분할을 시도하고 있다. 전력회사의 규모측면에서 외국과 비교해 보면 두가지 사실을 주목할 필요가 있다. 먼저 자연독점적인 형태를 갖는 나라들에 있어서는 우리보다 훨씬 큰 규모이면서 자연독점적인 형태를 아직도 유지하고 있다는 점이다. 또한 분할운영을 하고 있는 국가들에 있어서도 단일 전력회사의 규모가 우리보다 큰 예를 쉽게 볼 수 있다는 점이다. 따라서 공기업 독점형태를 갖고 있는 한전의 규모는 지금 상태에서 발전설비의 규모만 갖고 외국에 비하여 경영규모가 비대하다는 결론을 낼 수는 없다.

그러나 규모의 경제는 그 나라의 경제환경과 전력산업의 구조 및 여건에 따라 달라지기 때문에 외견적인 발전설비의 규모를 단순비교하는 데 그쳐서는 안된다. 더구나 장기적인 계획에 따르면 2006년에는 85기의 신규발전소를 추가하여 5,867만 KW로 확대되고, 남북한 통일이 이루어지면 소요설비용량은 더욱 확대될 전망이다라는 측면에서 적정규모에 대한 검토가 반드시 필요하다는 사실은 확인할 수 있다.<sup>1)</sup>

<표 1> 발전설비규모의 국제비교(90년 현재)

국 가	전력회사	설 비 용 량		비 고 전사업자
		만KW	지수	
한 국	한국전력	1,978	100	2,102
일 본	동경전력	4,655	235	17,507
서 독	RWE	1,729	87	8,959
캐나다	Hydro Quebec	2,513	127	9,583
프랑스	EDF	9,621	486	10,190
이태리	ENEL	4,729	239	5,003
대 만	대만전력	1,688	85	1,688
미 국	TVA	3,166	160	73,088
영 국	National Power	2,949	149	6,159

1) 전력회사의 규모의 경제에 관한 실증적인 연구는 외국의 경우에도 다양한 예를 볼 수가 있다. 주요한 연구결과를 보면 미국의 경우 Christensen and Greene(1976,JPE)에 의하면 1955년에서 1970년 사이에 미국전력회사의 규모의 경제가 소멸되는 것으로 나타났는데 규모가 큰 전력회사 일수록 더 먼저 규모의 비경제에 도달하고 있음을 보이고 있다. 일본의 경우 中西泰未와 伊藤成康(1988)에 의하면 1974년 경부터 발전부문에서 규모의 비경제가 나타나기 시작하는 것으로 보고하고 있으며 이때 동경전력의 피크수요가 2천만 KW 정도로 현재 우리나라와 비슷한 규모로 나타났다.

### III. 모형의 설정

비용함수는 전력산업의 생산함수가 두번까지 미분가능하다는 가정에서 출발하여 전력생산량은 생산요소의 3가지 형태, 즉 노동, 자본, 그리고 연료투입량의 함수로 나타난다.<sup>2)</sup> 생산함수는 다시 비용함수의 형태로 변환할 수 있는데 이 때에는 생산자가 특정한 수준의 생산량에서 이윤극대화를 하고 있다는 가정하에서 임의의 생산량  $Q$ 를 제약조건으로 하는 비용최소화과정으로 변환하는 것을 의미한다. 즉

$$\min_X C = X'W \quad \text{such that } Q = \phi(X) \quad (1)$$

이때  $C$ 는 생산의 총비용,  $X$ 는 투입요소벡터,  $W$ 는 투입요소의 가격벡터,  $Q$ 는 생산량,  $\phi$ 는 생산함수를 의미한다. 최소화 과정으로의 변환은 비용함수,  $C = C(W : Q)$ , 로 나타낼 수 있게 해준다.

#### 1. 비용함수(cost function)

비용함수의 구체적인 형태는 translog 함수를 채택하는데 시계열 자료에서 흔히 나타나는 1차 자기상관(autocorrelation)이 존재하는 것으로 나타났기 때문에 이를 고려하여 다음과 같이 설정한다.

$$\begin{aligned} \ln C_t = & \alpha_0 + \phi_q \ln Q_t + (1/2) \phi_{qq} (\ln Q_t)^2 + \sum_i \alpha_i \ln W_{it} \\ & + (1/2) \sum_i \sum_j \beta_{ij} (\ln W_{it}) (\ln W_{jt}) + \sum_i r_{qi} (\ln Q_t) (\ln W_{it}) + u_{ct} \quad (2) \end{aligned}$$

여기서  $u_{ct} = \rho_c u_{c,t-1} + \nu_{ct}$ ,  $i, j = 1, k, m$

이때  $C_t$ 는 총비용,  $W_{it}$ 는 투입요소의 단위당 가격을 의미하고 하첨자의 1, k, m은 각각 노동, 자본, 그리고 연료를 의미한다. 또한  $Q$ 는 최종생산물로서 전력판매량에 해당하고  $u_{ct}$ 는 오차항을  $\nu_{ct}$ 는 정규분포하는 백색오차(white noise)를 의미한다.

2) 이와 같은 비용함수의 형태는 전력산업의 규모에 관한 유명한 논문인 Christensen and Greene(1976)에서 사용된 translog 모형의 전형적인 형태라고 볼 수 있다.

비용함수에 있어서 투입요소가격에 대하여 2차미분한 계수는 대칭이라는 조건은 다음과 같이 나타난다.

$$\beta_{ij} = \beta_{ji} \quad (3)$$

또한 비용함수는 요소가격에 대하여 1차 동차함수 (homogeneous of degree one)이어야 하기 때문에 다음의 조건이 충족되어야 한다.

$$\sum_i \alpha_i = 1, \quad \sum_i \beta_{ij} = \sum_j \beta_{ij} = \sum_i r_{qi} = 0 \quad (4)$$

## 2. 요소비중함수(share equations)

비용함수를 투입요소가격,  $W_{it}$ 에 대해서 미분하고 Shephard's lemma를 적용하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial W_i} &= X_i & (\text{Shephard's lemma}) & \quad (5) \\ \frac{\partial \ln C}{\partial \ln W_i} &= \frac{W_i}{C} \frac{\partial C}{\partial W_i} = \frac{W_i X_i}{C} = S_i \end{aligned}$$

이때  $S_{it} = W_i X_{it} / C_t$  이고  $X_{it}$ 는  $i$ 번째 요소의 투입량이 된다. 비용함수와 Shephard's lemma에 의해 각 투입요소의 share 함수를 구할 수 있다.

$$S_{it} = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln W_{jt} + r_{qi} \ln Q_t + u_{it}, \quad i=1, k, m \quad (6)$$

여기서  $u_{it} = \rho u_{it-1} + v_{it}$

비용함수의 추정에 있어서 요소의 share함수와 동시에 추정하는 방법은 몇 가지 장점을 갖고 있다. 첫째는 요소의 가격탄력성과 교차탄력성을 추정하고 투입요소간의 대체탄력성을 추정함으로서 투입요소의 대체가능성과 생산과정에서 요소의 중요도를 판단할 수 있는 자료를 제공해 준다는 점이다. 둘째는 규모의 경제를 파악할 수 있는 지표를 추정할 수 있기 때문에 비용측면에서 기업의 적정규모를 파악할 수 있다.

## 3. 투입요소의 탄성치

생산요소의 투입과 산출의 과정에서 요소가격의 변화에 대한 탄성치는 생산 과정을 설명하는데 중요한 의미를 가진다. 투입요소의 가격의 변동에 따른 변화를 파악하기 위한 중요한 탄성치를 요약해 보자. 우선 Allen의 편 대체탄력치(Allen partial elasticities of substitution)는 다음과 같이 정의된다.

$$\sigma_{ii}^A = \frac{\beta_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2}, \quad i=l, k, m \quad \text{own} \quad (7)$$

$$\sigma_{ij}^A = \frac{\beta_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j}, \quad i, j=l, k, m, i \neq j \quad \text{cross}$$

이때 Allen 편 대체탄력치의 대칭조건에 의해  $\sigma_{ij}^A = \sigma_{ji}^A$ 가 된다. 그러나 Allen 탄력치는 개념적으로는 우수하지만 질적인 면에서 대칭적이라는 단점을 갖고 있다. 이에 대한 대안으로 다음과 같이 자기탄력치는 없지만 비대칭인 Morishima 대체탄력치가 사용될 수 있다.

$$\sigma_{ii}^M = 0, \quad i=l, k, m \quad \text{own} \quad (8)$$

$$\sigma_{ij}^M = S_i (\sigma_{ij}^A - \sigma_{jj}^A) \quad i, j=l, k, m, i \neq j \quad \text{cross}$$

마지막으로 요소수요의 가격탄성치와 교차탄성치를 Allen 탄력치를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\varepsilon_{ij} = S_j \sigma_{ij}^A \quad i=l, k, m \quad (9)$$

## 4. 규모의 경제(economy of scale)

산출량 1% 증감에 대한 비용탄력성은 다음과 같이 표시되고 이는 한계비용과 평균비용의 비율, 즉  $M_c / A_c$  를 나타낸다.

$$\eta_c = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} = \phi_q + \phi_{q_1} (\ln Q_1) + \sum r_{q_i} (\ln W_i) \quad i=l, k, m \quad (10)$$

규모의 경제는 총비용과 산출량 규모 사이의 관계를 밝히는 중요한 지표가 되는데 비용함수에서 도출될 경우 다음과 같이 정의된다.

$$\eta_s = 1 - \eta_c \quad (11)$$

규모의 경제를 나타내는 지수가 0 이상일 때, 즉  $\eta_s > 0$  이면 규모의 경제가 존재하는 것이고 반면에  $\eta_s < 0$  이면 규모의 비경제가 존재하는 것을 의미한다.

#### IV. 비용함수의 추정

이 장에서는 비용함수의 추정에 사용된 자료와 추정방법을 설명하고 전력산업의 비용함수 추정결과를 제시한다. 전력산업은 노동과 자본, 그리고 연료를 투입하여 전력판매량을 산출하는 기업형태를 상정하여 분석한다.

위와 같이 전체 전력산업의 분석도 중요하지만 전력산업의 규모의 경제를 논할 때 중요한 개념은 발전부문과 송배전부문으로 나누어 파악하는 것도 정책적으로 중요한 의미를 가진다. 그러나 이때에는 하나로 통합되어 운영되고 있는 기업의 비용을 분리해서 다룰 수 없다는 어려운 점에 부딪히게 된다. 여기에서는 발전부문과 송배전부문에 투입된 비율로 투입인력을 배분하고 발전부문 자산가액만을 자본으로 간주함으로서 해결한다. 발전부문은 여기에다가 연료를 투입하여 판매전력량이 아니라 발전전력량을 생산하는 과정으로 재해석하여 발전부문의 분리를 시도하였다. 따라서 발전부문의 결과는 다소 제한적으로 해석하여야 한다는 사실을 상기할 필요가 있다.

##### 1. 자료와 추정방법

규모의 경제를 파악하기 위한 비용함수의 추정은 기본적으로 횡단면 자료에 의해 분석되어 왔지만 단일 기업, 혹은 소수의 기업으로 구성된 산업에 관한 연구에 있어서는 횡단면 자료가 불가능하기 때문에 시계열 자료에 기초하는 모형만이 가능하다. 시계열 자료를 기초로 하는 경우에는 횡단면 자료에 비하여 기술적인 진보로 인한 오류의 가능성은 있지만 기업특성 차이에 의한 오류를 방지할 수 있다는 장점도 있기 때문에 어느 것이 우위에 있다고 볼 수는 없다.

비용함수의 추정에는 한국전력공사의 1964년에서 1991년까지의 매년 대차대

조표와 손익계산서, 그리고 연간 통계자료를 사용하였다. 함수의 형태에서 각 생산요소는 노동, 자본, 그리고 연료로 정의되는데 이들 각각에 대해 살펴보자. 먼저 노동비용은 한국전력공사가 발표하는 요소별 손익계산서에서 인건비와 퇴직금을 합산하여 구하였다.

노동(L)은 인력의 질에 상관없이 고용인원을 의미한다. 따라서 임금(W<sub>L</sub>)은 노동비용을 노동량으로 나눈 연도별 평균임금에 해당된다.

자본에 소요되는 비용은 연도별 자산항목에서 출발한다. 자산은 타인자본, 즉 부채와 자기자본으로 나눌 수 있다. 부채와 자본은 도매물가지수로 실질화한다음 타인자본에 대해서는 지급이자를 자본비용으로 보고 자기자본에 대해서는 시장의 공금리를 사용함으로써 기회비용의 개념을 도입하였다. 양자를 합하면 자본비용이 된다. 각 연도별 자본(K)의 양은 일정한 단위가 없기 때문에 발전설비의 규모(KW)를 사용하고 KW를 하나의 단위로 본다. 따라서 1KW의 발전설비에 대한 자본의 가격(W<sub>k</sub>)는 자본비용에서 자본을 나누어 구한다.

연료비용은 각 발전원별로, 즉 무연탄, 유연탄, 중유, 원자력 등에 사용된 연료비항목을 합산하여 구하였다. 연료소요량은 각 에너지원에 따라 상이하므로 하나의 기준이 필요하다. 여기서는 1,000 TOE(tons of oil equivalent)를 사용한다. 연료의 가격은 일천 TOE당 연료비용을 사용한다. 이때 각 요소가격은 85년 기준의 도매물가 상승율로 실질화하여 사용한다. 총비용(C)은 각 생산요소에 소요된 비용을 합하여 구하고 산출량(Q)는 연도별 판매전력량(KWh)을 사용한다.

발전부문만을 독립하여 추정하는 경우에는 총비용의 경우와 같은 개념의 자료를 사용한다. 연료의 경우에는 발전부문에만 사용하기 때문에 같은 자료를 사용한다. 하지만 노동과 자본은 단일 회사를 독립적인 두개의 단위조직으로 가정하여 분리하는 작업이 필요하다. 노동은 발전부문 종사 인원의 비중으로 전체 투입인원을 배분하였다. 발전부문의 자본은 연도별 결산서를 기초로 발전소별 발전설비가액을 합산하여 구한다. 발전설비는 기력, 원자력, 수력, 그리고 내연력이 포함된다. 발전설비가액을 도매물가지수로 실질화한 다음 시장 공금리를 사용하여 자본비용을 구함으로써 마찬가지로 기회비용 개념을 사용하였다.

추정방법은 Zeller의 ITSUR(iterative seemingly unrelated regressions)



모형을 사용하여 추정함으로써 share 함수와 비용함수의 오차항이 상관관계를 가지는, 즉 결합정규분포를 하고 있다고 가정하고 추정한다. 이때 추정된 공분산 행렬이 singular하지 않기 위해서는 share 함수중 하나를 빼고 추정하여야 하는데 여기에서는 자본 share 함수를 제외한다.<sup>3)</sup>

함수의 추정과정에서 우리는 함수형태에 관한 몇가지 제약식에 대한 가설을 설정하고 이를 검증함으로써 설정모형의 타당성을 검증한다. 위에서 설정한 비용함수의 형태가 일반형(unrestricted)이라고 할 때 두가지 다른 형태를 상정할 수 있는데 이는 homotheticity와 homogeneity에 관한 제약조건이다.<sup>4)</sup> 먼저 homotheticity는 비용함수가 투입요소와 산출물의 가격으로부터 분리가능(separable)하여 산출량과 요소가격이 독립적인 조건을 의미하는데 이 조건이 충족되면 비용함수는  $C=C_1(Q)C_2(W)$ 로 표시되고  $r_{q1}=0$ 가 된다. 두번째 제약조건을 homogeneity조건으로서  $Q$ 에 대한 비용탄력성이 상수가 되어 규모가 변하는데도 규모의 경제성이 변화하지 않는 비용함수를 말하며  $\phi_{qq}=0$ 을 의미한다. 이들 두가지의 제약조건은 추정할 비용함수의 성질을 정의하는데 매우 중요한 의미를 갖고 있으며 규모의 경제를 판별하는데 결정적인 의미를 가진다고 할 수 있다.

## 2. 총비용함수 추정결과

비용함수의 추정결과는 전체 전력산업의 비용함수와 발전부문의 비용함수로 분리하여 추정결과를 나누어 정리하였다. 먼저 총비용함수의 추정결과가 <표 2>에 요약되어 있다. 추정결과는 unrestricted, homothetic 그리고 homogeneous의 순으로 정리되어 있다.

어떤 비용함수 형태가 가장 적절한가 하는 점은 다음의 공식으로 표시되는 우도비검정(likelihood ratio test)을 따른다.

$$\lambda = \left[ \frac{\det(\Omega_u)}{\det(\Omega_a)} \right]^{-n/2}$$

3) 자본의 share 함수의 추정계수는 사후적으로 비용함수의 1차 동차조건에 의해 residual로 구해 질 수 있다.

4) Henderson and Quandt, *Microeconomic Theory*, 3rd ed., McGraw-Hill, 1980 105~110 참조

이때  $\det(\Omega_0)$ 와  $\det(\Omega_1)$ 는 각각 제약식과 일반식의 오차항 공분산행렬의 행렬식을 의미하고  $-2\ln \lambda$ 는  $\chi^2$ 분포를 따른다. 검정결과를 보면 homotheticity와 homogeneity에 관한 가설이 각각 기각되기 때문에 일반형, 즉 unrestricted의 형태를 가지는 것으로 판명되었다. 비용함수가 homothetic하다는 가설에 대해서는 자유도가 2인  $\chi^2$ 분포의 임계치가 1% 신뢰구간에서 9.21인데 검정통계량은 75.07로 homotheticity의 가설은 기각된다. 이는 전력산업의 비용구조가 규모가 커지면서 비용증가가 투입요소의 가격과 독립적이지 않음을 의미한다.

〈표 2〉 비용함수 추정결과 : 총비용 함수

추정 계수	unrestricted		homothetic		homogeneous	
	Estimate	t-stat	Estimate	t-stat	Estimate	t-stat
$\alpha_0$	22.2420	7.32	17.3311	7.20	9.8166	14.44
$\phi_0$	-2.2192	-3.51	-1.2157	-2.45	0.4284	6.28
$\phi_{qk}$	0.2795	4.28	0.1764	3.47	.	.
$\alpha_1$	0.7385	9.77	0.2092	13.59	0.2157	12.57
$\alpha_k$	-0.6892	-6.20	-0.5007	-23.21	-0.5055	-21.90
$\alpha_m$	-0.0492	-0.62	0.2915	15.77	0.2897	14.70
$\beta_{ll}$	0.0792	10.31	0.0369	5.71	0.0400	5.45
$\beta_{lk}$	-0.0043	-0.54	0.0488	7.25	0.0471	6.70
$\beta_{lm}$	-0.0749	-18.84	-0.0857	-15.48	-0.0871	-14.77
$\beta_{kl}$	-0.0043	-0.54	0.0488	7.25	0.0471	6.70
$\beta_{kk}$	0.1490	9.92	0.1373	6.53	0.1392	6.05
$\beta_{km}$	-0.1447	-12.01	-0.1862	-8.50	-0.1863	-8.00
$\beta_{ml}$	-0.0749	-18.86	-0.0857	-15.48	-0.0871	-14.77
$\beta_{mk}$	-0.1447	-12.01	-0.1862	-8.50	-0.1863	-8.00
$\beta_{mm}$	0.2196	19.15	0.2719	11.78	0.2735	11.92
$r_{ql}$	-0.0439	-7.15	.	.	.	.
$r_{qk}$	0.0074	0.72	.	.	.	.
$r_{qm}$	0.0365	4.66	.	.	.	.
$\rho_c$	0.5742	3.84	0.5986	4.21	0.7632	6.42
$\rho_l$	0.5460	3.47	0.5486	3.55	0.5702	3.79
$\rho_m$	0.7233	5.04	0.8893	7.04	0.8901	7.06
$R^2$	0.9747		0.9493		0.9173	
$\log \det(\Sigma)$	-18.169		-15.488		-14.431	

또한, homotheticity에 대한 homogeneity 가설도  $x^2$ 분포의 임계치가 1% 신뢰구간에서 6.64인데 검정통계량은 27.08로 homogeneity의 가설도 기각된다. 따라서, 우리나라의 전력산업이 일정수확정도(constant return to scale)의 생산함수가 아니라 규모에 대한 수확정도가 변화하는 형태의 생산함수를 가지는 것을 의미한다. 규모에 대한 수확정도는 규모의 경제에서 상세히 다루기로 한다.

추정과정에서 시계열 자료가 일반적으로 갖는 성질이라고 할 수 있는 자기상관(autocorelation)이 강하게 나타났기 때문에 반복추정기법을 사용하였다. 각기의 추정결과를 보면 자기상관계수가 매우 유의적이고 1차 자기상관을 상정한 모형의 추정절차가 타당함을 보이고 있다.

추정방정식을 translog형태로 상정했을 때 share의 추정치가 0과 1사이에서 존재하고 비용함수가 오목조건(concavity condition)을 만족하여야 한다. 추정결과가 이들 조건이 충족되는 것으로 나타나 translog형태 비용함수의 추정결과에 의한 추론이 부적절하지 않음을 입증하고 있다.

비용함수의 추정결과에 대한 모형형태에 대한 가설검정(specification test)의 결과에 따라 일반형(unrestricted)을 따르게 된다. 계수의 추정결과를 보면 대부분의 계수가 유의적인 범위에서 추정이 되고 있고 계수의 방향에 있어서도 이론과 부합하고 있다.

비용함수의 추정결과에 이어서 <표 3, 4, 5>는 각각 Allen 대체탄력치, Morishima 대체탄력치, 그리고 투입요소가격 탄력치를 총비용함수의 추정결과에 따라 산출하여 정리하였다.

투입요소의 가격탄력치를 보면 각 요소는 자기가격에 대해 부의 관계를 갖고 있어 이론과 부합하고 있다. 교차탄력성을 보면 자동화의 진전과 아울러 노동과 자본은 대체재로 나타났고, 노동과 연료는 규모의 확장에 따라 보완재로 작용해 왔음을 알 수 있다. 특히 자본과 연료는 두 차례에 걸친 석유파동 이후 원자력 설비의 비중이 늘어나면서 상대적으로 연료사용이 줄어들고 자본, 즉 발전설비가 대체재로서 기능하고 있음을 알 수 있다.

〈표 3〉 Allen 대체탄력성(총비용함수) : 1986년 기준

	Labor	Capital	Materials
Labor	-2.036 (0.436)	0.929 (0.130)	-0.390 (0.074)
Capital	0.929 (0.130)	-0.467 (0.071)	0.227 (0.064)
Materials	-0.390 (0.074)	0.227 (0.064)	-0.130 (0.070)

( )속은 standard error

〈표 4〉 Morishima 대체탄력성(총비용함수) : 1986년 기준

	Labor	Capital	Materials
Labor	- (0.060)	0.644 (0.068)	-0.105 (0.041)
Capital	0.394 (0.060)	- (0.038)	0.145 (0.038)
Materials	0.218 (0.059)	0.320 (0.040)	- (0.040)

( )속은 standard error

〈표 5〉 투입요소가격 탄력성(총비용함수) : 1986년 기준

	Labor	Capital	Materials
Labor	-0.270 (0.058)	0.429 (0.060)	-0.158 (0.030)
Capital	0.123 (0.017)	-0.215 (0.026)	0.092 (0.033)
Materials	-0.052 (0.010)	0.105 (0.030)	-0.053 (0.028)

( )속은 standard error

### 3 발전부문 비용함수의 추정결과

발전부문만 분리하여 독립적으로 추정한 경우는 〈표 6〉에 추정결과가 요약되어 있다. 추정결과는 총비용함수의 경우와 같이 unrestricted 형태의 비용함수가 채택된다.

가설검정을 위한 통계량,  $\chi^2$ 값이 homothetic의 경우 16.38 homogeneous의 경우 26.52로 두 경우 다 1% 신뢰구간에서 기각된다. 발전부문에서도 총비용함수와 같이 규모에 대한 수확정도가 변화하는 형태를 갖고 있으며 비용증

가가 투입요소의 가격과 독립적이지 않음을 의미한다.

〈표 6〉 비용함수 추정결과 : 발전부문 비용함수

추정계수	unrestricted		homothetic		homogeneous	
	Estimate	t-stat	Estimate	t-stat	Estimate	t-stat
$\alpha_l$	26.4469	7.06	16.6163	7.77	9.6958	14.43
$\phi_l$	-3.1920	-4.21	-1.0523	-2.42	0.4069	6.13
$\phi_{ql}$	0.3808	4.97	0.1515	3.42	.	.
$\alpha_k$	0.3755	7.98	0.1129	11.17	0.1178	9.73
$\alpha_k$	-0.6722	-7.22	-0.5313	-46.84	-0.5317	-40.86
$\alpha_m$	0.2967	3.92	0.4184	52.93	0.4139	50.28
$\beta_{ll}$	0.0402	8.45	0.0259	6.37	0.0283	5.61
$\beta_{lk}$	-0.0044	-1.27	0.0168	5.86	0.0165	4.56
$\beta_{lm}$	-0.0357	-14.67	-0.0428	-18.20	-0.0449	-15.71
$\beta_{kl}$	-0.0044	-1.27	0.0168	5.86	0.0165	4.56
$\beta_{kk}$	0.1828	17.78	0.1729	21.43	0.1738	19.94
$\beta_{km}$	-0.1784	-19.07	-0.1898	-23.81	-0.1904	-22.40
$\beta_{ml}$	-0.0357	-14.67	-0.0428	-18.20	-0.0449	-15.71
$\beta_{mk}$	-0.1784	-19.07	-0.1898	-23.81	-0.1904	-22.40
$\beta_{mm}$	0.2142	25.38	0.2327	31.67	0.2353	31.93
$r_{ql}$	-0.0231	-5.94	.	.	.	.
$r_{qk}$	0.0096	1.09	.	.	.	.
$r_{qm}$	0.0134	1.80	.	.	.	.
$\rho_c$	0.5923	4.39	0.6227	4.74	0.7157	5.81
$\rho_l$	0.5747	3.89	0.6311	4.78	0.6559	5.15
$\rho_m$	0.6257	3.96	0.6791	4.32	0.6935	4.45
$R^2$	0.9802		0.9810		0.9767	
$\log \det(\Sigma)$	-18.705		-18.120		-17.173	

발전부문에서도 총비용함수와 같이 Allen 대체탄력치, Morishima 대체 탄력치, 그리고 투입요소가격 탄력치를 계산하였는데 그 결과는 〈표 7,8,9〉에 정리되어 있다. 투입요소의 가격탄력치를 보면 자기가가격에 대하여 부의 관계를 갖고 있어 이론과 부합하고 있다. 교차탄력성을 보면 노동과 자본은 대체재로 노동과 연료는 보완재로 기능하고 있다. 총비용함수의 경우에서와 마찬가지로 자본과 연료는 원자력설비의 비중증대와 함께 연료사용이 줄어들고 발전설비가 대체재 역할을 하고 있음을 유의적으로 나타내고 있다.

〈표 7〉 Allen 대체탄력성(발전부문 비용함수) : 1986년 기준

	Labor	Capital	Materials
Labor	-4.291 (1.411)	0.841 (0.125)	-0.334 (0.091)
Capital	0.841 (0.125)	-0.290 (0.045)	0.195 (0.042)
Materials	-0.334 (0.091)	0.195 (0.042)	-0.161 (0.040)

( )속은 standard error

〈표 8〉 Morishima 대체탄력성 (발전부문 비용함수) : 1986년 기준

	Labor	Capital	Materials
Labor	- (0.064)	0.542 (0.064)	-0.080 (0.046)
Capital	0.298 (0.082)	- (0.082)	0.165 (0.027)
Materials	0.230 (0.082)	0.233 (0.028)	- (0.028)

( )속은 standard error

〈표 9〉 투입요소가격 탄력성 (발전부문 비용함수) : 1986년 기준

	Labor	Capital	Materials
Labor	-0.249 (0.082)	0.403 (0.060)	-0.154 (0.042)
Capital	0.049 (0.007)	-0.139 (0.021)	0.090 (0.019)
Materials	-0.019 (0.005)	0.094 (0.020)	-0.074 (0.018)

( )속은 standard error

#### 4. 규모의 경제

비용함수 추정결과에 따른 규모의 경제에 대한 분석은 산업의 적정규모를 판단하는데 유용한 도구가 된다. 앞에서 설명된 바와 같이 산업의 규모가 늘어남에 따른 비용의 탄력성에 대한 반대 개념이 규모의 경제를 판단하는 지표가 된다. 규모의 탄력성 계산 결과는 〈그림 1〉에 요약되어 있는데, 그림에서 규모의 탄력성이 0보다 크면 규모의 경제가 존재하고 있는 상태로 보고 0이하

일 때는 규모의 경제를 상실한 것으로 본다.<sup>5)</sup>

전력산업 전체에 있어서 규모의 경제는 그림에서 실선으로 나타나는데, 전력생산 규모의 증가와 동반하여 하강하다가 1990년 부터 0이하, 즉 규모의 비경제가 발생하는 상황으로 변화하고 있음을 보여주고 있다.

발전부문만 따로 분리하여 분석한 경우는 그림에서 점선으로 표시되어 있는데, 1985년을 주위로 하여 규모의 경제가 상실되는 것으로 나타났다. 이 때에는 국제에너지 가격상승에 대응하기 위하여 70년대 후반 이후 추진하였던 원자력 발전의 본격적인 도입에 따라 상당기간 동안 설비비율이 높은 상태로 유지되었다. 따라서 급속하게 늘어난 투자자본의 비용이 규모의 비경제를 낳은 것으로 판단된다.

우리나라의 전력산업은 일반적인 평균비용곡선의 우하향하는 국면, 즉 한계비용보다 평균비용이 더 큰 상태에서 생산되어 왔고 설비확장에 따른 규모의 경제를 실현해 왔다. 그러나 전력산업의 비용곡선이 1990년에 평균비용곡선상에서 최소점을 통과하여 우상향하는 국면으로 전환되고 있고 발전부문은 이보다 더 빨리 1985년부터 최소점을 통과했음을 밝히고 있다.

규모의 경제가 변화하는 분석결과를 해석하여 정책적인 시사점을 찾는다는 몇가지 점에서 주의할 필요가 있다. 우선 첫째는 규모의 증가에 따라 비경제가 발생하는 것은 아래를 향해 볼록한(concave) 평균비용곡선을 갖는 모든 생산과정에서 공통된 현상이기 때문에 어느 정도 규모가 늘어나면 규모의 비경제가 반드시 도래하게 된다는 점이다.<sup>6)</sup>

두번째 사항은 평균비용곡선의 모양(shape)에 관한 것이다. 전력회사의 평균비용곡선은 Christensen and Greene(1976)의 미국의 사례 연구결과에서와 같이 평균비용곡선이 L자형(L shape)을 가지는 경우가 일반적이다. 다시 말하면 전력회사는 규모의 경제가 존재하는 가운데 자연독점상태를 유지하다가 일정규모에 도달하면 반드시 규모의 비경제가 발생하게 된다. 그러나 그 이후 평균비용곡선이 규모의 확대에도 불구하고 수평을 유지하면 사회적인 총비용의 상승은 방지할 수 있다. 이와 반대로 규모의 증가에 따라 평균비용곡

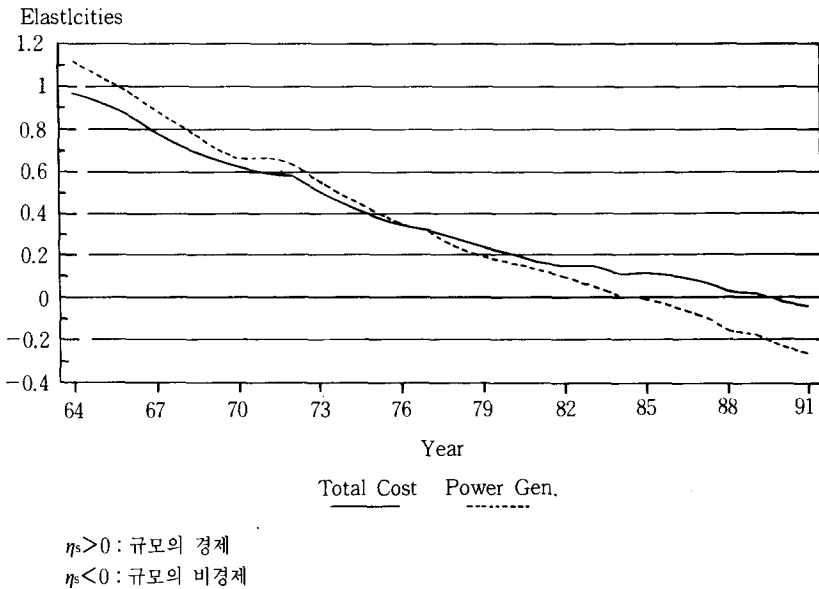
5) 규모의 경제를 나타내는  $\eta_s$ 의 값이 갖는 의미는  $\eta_s = 1 - (MC / AC)$ 이므로  $MC = (1 - \eta_s)AC$ 가 된다. 예를 들어  $\eta_s$ 가 -0.2이면 한계비용이 평균비용보다 20% 높은 상태를 나타낸다.

6) 이점에 있어서 흥미로운 것은 미국 및 일본의 경우를 분석한 결과를 보면 규모의 비경제에 도달하는 시점의 전력회사 규모가 우리나라의 1990년의 규모와 유사하다는 점이다.

선이 우상향하게 되면 규모 증대에 따른 비효율이 발생하여 사회적인 총비용의 증가가 불가피하고 전력산업구조의 재편성이 요구된다고 볼 수 있다.

외국의 연구결과를 보면 일반적으로 전력회사의 평균비용곡선은 L자 형을 가진 것으로 보고되고 있다. 우리나라의 경우 평균비용곡선에서 최소점을 지난 후 우상향하는지 수평으로 안정되는지의 문제는 현재까지의 결과만 갖고 판단하기는 어려우나 발전부문의 결과를 보면 85년 이후 규모의 비경제는 지속적으로 악화되고 있는 것으로 나타나고 있다.

〈그림 1〉 연도별 규모의 경제 탄력성 추정결과



## V. 요약 및 결론

우리나라의 전력산업을 중심으로 translog 비용함수를 설정하고 1964-91년의 자료를 이용하여 ITSUR 추정방법으로 추정하였다. 노동과 자본, 그리고 연료를 생산요소로 하여 전력을 생산하는 것으로 규정하여 비용함수를 추정하였다. 함수형태에 대한 가설검정의 결과 우리나라의 전력산업에 가장 적합한 비용함수의 형태를 찾아내고 매우 유의적인 결과를 얻었다. 비용함수의 추정



결과에 따라 투입요소의 대체탄력성을 살펴보고 규모의 경제에 대한 분석을 시도하였다.

규모의 경제에 대한 분석은 전력산업구조에 관한 정책적 판단을 하기 위한 최초의 실증적 형태의 기초자료가 된다. 추정결과를 보면 우리나라의 전력산업은 지금까지 규모의 경제가 존재하는 상태에서 운영되어 왔으나 지속적인 전력생산량의 증가에 따라 1990년도 이후 규모의 경제가 점차 상실되고 있는 것으로 나타났다. 또한 발전부문만을 독립적으로 분석한 경우에는 이보다 더 일찍 규모의 비경제가 도래한 것으로 나타났다.

전력산업구조에 관한 정책결정에 주는 시사점은 전력산업의 규모확대에 따라 규모의 비경제가 발생하고 있기 때문에 그 원인을 분석하여 사회적 손실을 최소화할 수 있는 방안을 모색해야 한다는 것이다. 미국의 전력산업을 분석한 결과를 보면 L자형의 평균비용곡선을 가진 경우가 대부분인 것으로 나타나고 있고 수평적인 평균비용곡선상에서 운영됨으로써 사회적인 총비용은 올라가지 않고 있다. 우리나라의 전력산업은 규모의 경제가 지속적으로 하락하여 90년을 전후하여 비경제가 발생하고 있고, 더욱이 발전부문의 경우에는 85년부터 비경제가 발생하고 있다. 따라서 사회적인 총비용을 줄이기 위해서는 장기적인 안목에서 전력산업의 구조개편이 필요한 것으로 나타났다. 부문별로는 발전부문 규모의 비경제가 전체에 비하여 더 크기 때문에 이를 우선적으로 조정해야 한다는 사실을 상기할 필요가 있다.

### 參 考 文 獻

1. 申義淳, 林炳宰, “電力産業構造政策에 관한 研究,” 2000년대를 향한 長期電力 政策方向研究 연구결과 보고서 제 1 권, KRC-90E-T08, 에너지경제연구원, 1992.
2. Blackorby, C. and R. R. Russell, “Will the Real Elasticity of Substitution Please Stand Up?,” *The American Economic Review*, 79, 1989, pp. 882-888.
3. Cave, D., L. Christensen, and J. Swanson, “Productivity in U. S. Railroads, 1951-1974,” *The Bell Journal of Economics*, 11, 1980, pp. 166-181.
4. Cave, D., L. Christensen, and J. Swanson, “Productivity Growth,

- Scale Economies and Capital Utilization in U. S. Railroads, 1955-1974," *The American Economic Review*, 71,1980,pp. 994-1002.
5. Christensen, L., D. W. Jorgenson, and L. J. Lau, "Transcendental Logarithmic Utility Functions," *The American Economic Review*, 65, 1975,pp. 367-383.
6. Christensen, L. and W. Greene, "Economies of Scale on U. S. Electric Power Generation," *Journal of Political Economy*, 84,1976, pp. 655-676.
7. Deaton, A. S. and J. Muelbauer, "An Almost Ideal Demand System," *The American Economics Review*, 70,1980,pp. 312-326.
8. Ehud, R. and A. Melnik, "The Substitution of Capital, Labor and Energy in the Israeli Economy," *Resources and Energy*, 3,1981,pp. 247-258.
9. Fuller, D., "Alternative Scale Measures and the Behavior of Average Costs in Steam Electric Generation," *Energy Economics*, 1991, pp. 61-68.
10. Gollop, F. M. and M. J. Roberts, "Environmental Relations and Productivity Growth : The Case of Fossil-Fueled Electric Power Generation," *Journal of Political Economy*, 91,1983,pp. 654-674.
11. Hanoch, G., "The Elasticity of Scale and the Shape of Average Cost," *American Economic Review*, 65,1975,pp. 492-497.
12. Humphrey, D. B. and J. R. Moroney, "Substitution among Capital, Labor, and Natural Resource Products in American Manufacturing," *Journal of Political Economy*, 83,1975,pp. 57-82.
13. Korea Electric Power Corporation, Statistics of Electric Power in Korea, Several Issues.
14. McElroy, M. B., "Goodness of Fit for Seemingly Unrelated Regressions," *Journal of Econometrics*, 6,1977,pp. 381-387.
15. McLaren, K., "Estimation of Translog Demand Systems," *Australian Economic Paper*, 1982,pp. 392-406.
16. Moroney, J. R. and J. M. Trapani, "Factor Demand and Substi-

tution in Mineral-Intensive Industries," *The Bell Journal of Economics*, 12, 1981, pp. 272-284.

17. Oum, T. H., M. W. Tretheway, and Y. Zhang, "A Note on Capacity Utilization and Measurement of Scale Economies," *Journal of Business & Economics Statistics*, 9, 1991, pp. 119-123.
18. Schmalensee, R., "A Note on Economies of Scale and Natural Monopoly in the Distribution of Public Utility Services," *The Bell Journal of Economics*, 19, 1978, pp. 270-276.
19. Seldon, B. J. and S. H. Bullard, "Input Substitution, Economies of Scale and Productivity Growth in the U. S. Upholstered Furniture Industry," *Applied Economics*, 24, 1992, pp. 1017-1025.
20. Sickles, R., "A Nonlinear Multivariate Error Components Analysis of Technology and Specific Factor Productivity Growth with an Application to the U. S. Airlines," *Journal of Econometrics*, 27, 1985, pp. 61-78.
21. Simmons, P. and D. Weiserbs, "Translog Flexible Functional Forms and Associated Demand System," *The American Economic Review*, 69, 1979, pp. 892-901.