

## DEA 모형을 활용한 국내 발전회사의 효율성 평가

### (An Efficiency Evaluation of Korea's Electric Power Generation Industries using DEA model)

고 승 철(Seung-Churl Koh)\*, 심 광 식(Gwang-Sic Sim)\*\*, 김 재 윤(Jae-Yun Kim)\*\*\*

#### 초 록

본 연구에서는 의사결정기관의 상대적 효율성을 측정할 수 있는 유용한 기법으로 알려진 DEA 모형을 이용하여 국내 6개 발전회사의 효율성을 비교 분석하였다. 투입방향 CCR 및 BCC 모형에 의해서 분석된 연구 결과로는 첫째, 총 발전설비용량을 투입변수로 사용하였을 때와 각 발전원별로 설비용량을 구분하여 투입변수로 사용하였을 때와 서로 다른 연구결과를 얻었다. 이는 각 발전설비의 고정비(발전설비)와 변동비(연료비) 특성이 감안된 결과로 생각된다. 둘째, 본 연구에서 논의된 발전원별 투입변수가 중장기 발전설비용량 확장계획 기간의 효율성 평가에 사용되면 각 발전회사의 효율성은 현재 수준보다 높아질 것이다. 본 연구는 발전회사의 효과적인 경영활동을 위한 유의한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

#### Abstract

Data Envelopment Analysis(DEA) is a promising methodology to evaluate the relative efficiency of the decision-making units. We have compared the efficiency of six electric power generation companies in Korea using DEA. The analysis results by input-oriented CCR and BCC models are summarized as follows: first, different results were acquired between using input factors as total capacity of generators and as sub-totals of generator capacity based on primary energy sources. It is the result influenced by input factors which are characterized by the proportion of fixed costs(generating facilities) and variable costs(generation costs for primary energy). Second, the efficiency will be increased if the input factors selected, according to primary energy sources discussed in this research, are used during long-term expansion of electric power capacity plans. It is expected that this approach can give a feedback for management of electric power generation companies.

**KeyWords:** 자료포락분석(Data Envelopment Analysis), 발전회사(Electric Power Generation Industry), 투입변수(Input factor)

\* 전남대학교 경영대학원 석사과정

\*\* 전남대학교 대학원 경영학과 박사과정

\*\*\* 전남대학교 경영학과 조교수

## 1. 서론

본 연구에서는 전력도매시장에서 입찰 방식으로 경쟁하고 있는 우리나라 발전회사간의 효율성을 비교 분석하여, 경영(management) 및 운영(operation) 효율성 향상에 실질적인 도움을 주고자 한다. 발전회사들이 주체가 되는 전력산업은 전쟁 또는 국가 재난을 포함한 유사시를 대비해야 하는 국가기간산업에 포함되며, 발전회사들의 효율성은 국방 분야를 포함하여 다양한 분야에 큰 파급효과를 가질 수 있으므로 이에 대한 연구가 필요하다고 본다. 특히, 우리나라의 전력산업은 1999년에 발표된 전력산업구조개편 기본계획에 따라 2001년 전력산업의 발전부문이 분리되었으므로, 각 발전회사는 효율성 평가의 대상이 되었다.

우리나라 발전산업의 역사를 개략적으로 살펴보면 다음과 같다. 1898년 경북공의 전등 설치로부터 시작된 우리나라의 전력사는 경성전기(주), 남해전기(주), 조선전업(주)로 발전하였으며, 1961년 한국전력(주)로 합병되어 국가재건사업의 중추적인 역할을 수행하였다. 주식회사로서의 이익보다는 공익에 우선한 사업을 우선적으로 시행한 결과, 재정상의 문제로 1982년 정부에서는 한국전력(주)의 지분을 100% 매입하여 정부투자기관인 한국전력공사로 변천하였다. 산업자원부는 독점적인 전력시장에 시장 원리를 도입하고, 경쟁 촉진을 통한 효율성 향상을 목적으로 전력산업구조개편 기본계획을 발표하였다(1999년 1월). 이는 우리나라의 전력산업이 독점체제를 유지하면 비효율성이 존재하며, 경쟁체제로 전환할 경우 이러한 비효율성을 시장기능에 의하여 제거할 수 있을 것이라는 판단에 기인한 것이다. 그러나 한국전력공사의 경영성과를 외국의 전력회사와의 단순비교를 통해 평가하였으므로 논란의 대상이 되었다[1].

정부는 독점적인 전력시장을 경쟁체제로 전환하여 효율성을 제고하고, 공기업 내부경영의 비효율성 제거하며, 시장을 통한 자원배분 메커니즘을 작동하여 세계적 조류에 대응<sup>1)</sup>하고자 한국전력공사의 발전부문을 분리하게 되었다(2001년 4월). 이 결과 우리나라의 전력시스템은 1개의 송배전회사와 6개의 발전회사 그리고 전력시장의 운영기관인 전력거래소로 구성되어 있으며, 현재 전력도매시장에서 각 발전회사의 시간대별 비용자료를 제시하여 도매가격을 결정하는 비용기준 입찰시장의 형태로 운영되고 있다. 추가 분할 대상이었던 한국전력공사의 배전부문은 2004년 6월 노사정위원회가 분할 중지를 권고함으로써 추진되지 못함에 따라 양방향 입찰의 도매경쟁시장은 추진되지 못하고 있다.

본 연구에서는 2001년 전력산업구조개편에 의해 설립된 한국전력공사의 6개 발전자회사를 대상으로 운영 효율성을 평가하고자 한다. 한국전력공사의 6개 발전자회사는 국내 발전설비용량의 약 90% 이상을 점유하고 전력도매시장에서 거래되는 전력량의 약 96%를 담당하고 있다. 따라서 6개 발전자회사의 운영 효율성 분석으로 국내 전력산업 전체의 효율성을 판단하기로 한다. 기관의 운영 효율성을 평가하는 일반적인 방법은 평가항목의 점수를 각 항목에 부여된 선형적 가중치로 곱하는 가중평균방식으로 계산된다. 이러한 방식은 이해하기 쉽고 계산이 간단하다는 장점이 있지만 가중치 체계(weight scheme)를 구축하기 어렵고 또한 성과점수가 선형적 가중치에 민감할 수 있다는 약점을 가지고 있다 [2]. 특히, 평가항목들의 중요도에 대한 선형적 가중치는 본질적으로 객관성을 가질 수 없기 때문에 이 부분의 객관성 결여가 평가과정 전체의 객관성을 해칠 가능성이 있다[3]. 본 연구에서는 이러한 문제의 효율적인 해결 가능 기법으로 알려져 있는 자료포락분석(Data Envelopment

1) 산업자원부 전기위원회 (<http://www.korec.go.kr>)

Analysis: DEA) 모형을 방법론으로 사용하고 자 한다. DEA 모형은 비영리적 의사결정단위 (Decision Making Unit: DMU)의 상대적 효율성을 측정할 목적으로 개발된 방법이다[4]. 이 모형은 투입 및 산출구조가 유사한 기관과 비교하여 평가대상 DMU의 상대적 효율성을 계산할 때, 평가 항목에 대한 가중치를 사전에 할당하지 않고 모형내에서 내재적으로 결정하며, 관측된 데이터의 단위를 통일하거나 가공하지 않고 그대로 이용하여 효율성을 측정할 수 있다는 장점이 있다[5]. 또한 비효율적인 DMU의 투입 및 산출요소별 비효율성 정도를 양적으로 제시하여 경영효율성 개선을 위해 실무적으로 유용한 정보를 제공할 수 있다.

본 연구에서는 효율성 분석에 많이 이용되어 왔던 DEA모형 중에서 1978년 Charnes, Cooper and Rhodes가 개발한 CCR 모형과 1984년 Banker, Charnes and Cooper의 BCC 모형을 이용하여 6개 발전회사의 운영 효율성을 분석한다. 이 모형은 투입요소와 산출요소만을 이용하여 효율성을 측정하는 단순기법으로 측정하고자 하는 집단의 효율성을 절대적 의미가 아닌, 유사한 성격을 가진 비교집단에 비해 상대적으로 어느 정도의 효율성을 갖는지를 제시해 준다는 점이 중요한 특징이라 할 수 있다. 본 연구는 DEA에 대한 이론적 기여점은 약하나, 적용범위의 확대 측면에서 의미있는 연구라고 생각된다. 본 연구의 적용 분야와 일치한 관련 문헌은 없는 것으로 조사되었다. 또한, 국내 여러 지역에 분포된 발전회사들의 효율적인 운영 전략을 수립하는 것은 전략기지 구축과 같은 국방정책을 수립하는 측면에서도 의미가 있으리라 여겨진다.

본 연구는 총 4개의 장으로 구성되어 있다. 제 1장에서는 서론으로 연구 목적 및 필요성과 방

법을 기술하였고, 제2장에서는 DEA 모형을 소개하며, 제3장에서는 국내 발전회사의 운영 자료를 근거로 DEA분석을 실시한다. 마지막으로 제 4장에서는 분석 결과를 요약정리하고, 결론 및 한계점을 제시하기로 한다.

## 2. DEA 모형

DEA 모형은 여러 가지가 있다. 이 중에서 CCR 모형과 BCC 모형이 대표적이며, 본 연구에서는 산출물을 고정하고 투입공간에서의 효율성을 측정하는 투입방향(input-oriented) CCR-I 모형을 중심으로 연구를 전개하였다. 또한 BCC-I 모형에서의 효율성도 측정하여 비교하고자 하는 DMU의 규모 효율성도 분석한다. CCR과 BCC 모형은 생산가능집합(production possibility set)에 대한 가정에 약간의 차이가 존재한다. DEA 모형들은 처분성(disposability), 볼록성(convexity), 규모수익(returns to scale)에 관한 가정을 하고 있다. CCR 모형은 생산가능집합에 대해 강제분성(strong disposability), 볼록성, 불변규모수익(constant returns to scale)의 가정을 부여하고, BCC 모형은 강제분성, 볼록성, 변동규모수익(variable returns to scale)의 가정을 부여하고 있다[6].

CCR 모형은 표현되는 형태에 따라 비율모형(ratio model), 승수모형(multiplier model), 포락모형(envelopment model) 등으로 구별된다. CCR 비율모형<sup>3)</sup>은 매우 직관적인 해석이 가능하고 이해하기 쉬우며[5], CCR 비율모형에 변수 변환을 취하면 CCR 승수모형이 된다. CCR 승수모형은 선형계획 모형이기 때문에 쌍대정리를 사용하면 식 (1)과 같은 CCR 포락모형으로 표현할 수 있다.

2) DEA 모형의 가정에 관해서는 Emmanuel Thanassoulis(2003), "Introduction to The Theory and Application of Data Envelopment Analysis", Kluwer Academic Publishers를 참조.

3) CCR 비율모형의 특징은 이경재(2006)의 연구 p.33~35를 참조.

$$\text{Minimize } \theta - \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ - \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^- \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{rk}, \quad \text{for } r=1, 2, \dots, s$$

$$\theta x_{ik} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- = 0, \quad \text{for } i=1, 2, \dots, m$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \text{for } j=1, 2, \dots, n$$

$$s_r^+ \geq 0, \quad \text{for } r=1, 2, \dots, s$$

$$s_i^- \geq 0, \quad \text{for } i=1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \text{for } j=1, 2, \dots, n$$

$$s_r^+ \geq 0, \quad \text{for } r=1, 2, \dots, s$$

$$s_i^- \geq 0, \quad \text{for } i=1, 2, \dots, m$$

### 3. DEA모형을 이용한 효율성 평가 및 분석 고찰

#### 3.1 선행연구 검토

위 모형에서 k는 분석대상인 DMU를 의미하고,  $\lambda$ 는 참조집합의 잠재가격이고  $s_r^+$ ,  $s_i^-$ 는 잉여변수 역할을 하고 있다. 최적해가  $\theta=1$ ,  $s_r^+=0$ ,  $s_i^-=0$ 을 만족하면 이때의 DMU k는 효율적인 DMU로 평가되며 그렇지 않은 경우는 비효율적인 DMU로 평가된다.

BCC 모형은 CCR 모형에 모든  $\lambda$ 값의 합이 1이라는 제약조건이 추가된 모형으로 식 (2)와 같이 표현되며 피평가 단위는 실제 관측치와 그들에 의해 구성되는 볼록결합(convex combination)에 의해서만 평가된다.

BCC 모형은 규모의 효율성과 순수 기술효율성을 구분할 수 있어 DMU의 규모 수익효과를 평가하고 순수 기술효율성에 의해 효율적 단위를 구분할 수 있게 해준다. 또한 BCC 모형은 CCR 모형에 제약식을 추가한 형태이므로 실행 가능영역이 CCR 모형의 실행가능영역의 부분집합이 되기 때문에 BCC모형의 효율성은 CCR 모형의 효율성보다 크게 된다.

$$\text{Minimize } \theta - \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ - \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^- \quad (2)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{rk}, \quad \text{for } r=1, 2, \dots, s$$

$$\theta x_{ik} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- = 0, \quad \text{for } i=1, 2, \dots, m$$

DEA모형은 적용성이 매우 높으므로 다양한 분야에서 효율성 평가 및 분석 도구로 활용되고 있다. 따라서 선행연구를 검토할 때에는 주제를 한정지어 살펴보는 것이 요구된다. 본 연구는 우리나라 전력산업과 관련된 것이므로, 이에 한정하여 선행연구를 검토하였다. 이현정[7]은 DEA를 이용하여 노동, 자본, 연료를 투입변수로 하고, 판매 전력량을 산출변수로 선정하여 세계 22개 전력회사의 1986~1995년 자료를 근거로 한국전력공사의 기술적 효율성, 경영 효율성을 평가하였다. 김태웅 · 조성환[1]은 세계 51개 전력회사의 효율성을 측정하기 위하여 설비용량과 종업원수를 투입변수로 선정하고, 전력생산량, 판매수입, 그리고 판매량을 산출변수로 선정하여 한국전력공사의 기술적 효율성과 규모의 효율성을 산출하였다. 그리고 비효율성의 일부는 발전 수요의 한계로 인해 발생한 규모의 비효율성에 근거한다고 평가하였다. 이유수[8]는 투입변수로 매출원가, 판매비와 일반관리비, 유형고정자산(tangible fixed asset), 종업원 수를 선정하였고, 산출변수로 매출액을 사용하여 1995년부터 2004년도까지의 Standard & Poor's사에서 운영하는 Compustat Global에 입력되어 있는 세계 64개 전력회사의 효율성을 평가하였다. 또한 시간의 변화에 대한 효율성 변화지수인 맘퀘스트 생산성 지수(malmquist productivity index; MPI)를

국가별로 산정하였다. 이 연구에서 1990년대 중반 우리나라의 전력산업은 30%이상의 비효율성이 존재하였으나, 최근 비교적 효율적인 수준에 도달해 있음을 추정하였다.

위와 같이, 전력회사에 대한 효율성을 DEA에 접목시켜 이루어진 선행 연구는 한국전력공사(발전회사 포함)와 외국 전력회사들을 비교하여 효율성을 평가하였으며 그 사례가 그리 많지 않음을 보았다. 또한 선행연구의 경우 투입변수로 발전설비용량 또는 자본, 유형고정자산을 선정하였는데, 이는 각 발전설비의 1차 에너지원에 따른 고정비(발전설비)와 변동비(연료비) 구성 등의 특성이 효과적으로 반영되지 않은 것으로 사료된다. 이에 대한 설명은 '3.3 투입/산출변수 선정'에서 다루기로 한다.

본 연구에서는 한국전력(주)의 발전부문이 분리된 2001년부터 5년간 각 발전회사의 운영 실적을 분석함으로써 각 발전회사의 운영 효율성을 제시하고자 한다. 여기서 분석의 대상이 되는 발전회사들은 한국남동발전(주), 한국남부발전(주), 한국동서발전(주), 한국서부발전(주), 한국중부발전(주), 그리고 한국수력원자력(주)(이하 '한수원'이라 부르기로 함) 등 총 6개 회사이다. 또한, 본 연구에서는 투입요소 및 산출요소의 절감 여지나 취약부분을 실증분석을 통하여 규명함으로써 경영 효율성 제고에 도움을 주고자 하며 효율성의 차이가 있는 경우 그 원인을 찾아 합리적인 개선방안을 제시하고자 한다. 또한, 투입변수 선정을 설비총량 기준과 1차 에너지원별 기준으로 구분하여 더욱 효과적인 투입변수 선정을 모의해 보고자 한다.

### 3.2 의사결정단위(DMU)

DEA는 유사한 투입 및 산출변수를 갖는 DMU를 대상으로 상대적 효율성을 측정하며 설

정된 DEA 모형의 타당성을 증명하는 어떤 장치도 없기 때문에 DEA모형을 설정하는데 유의할 점은 다음과 같다<sup>4)</sup>].

첫째, 비교대상 DMU에 대한 동질성(homogeneity)이 요구되기 때문에 투입 및 산출물이 유사한 DMU를 표본으로 선정해야 한다. 이는 이질적인 DMU들은 유사조작과 비교·평가되지 않고 독자적인 효율성 프론티어(frontier)를 형성하여 자체 평가가 될 가능성이 크기 때문이다<sup>9)</sup>. 또한 DEA 모형을 통해 추정되는 효율성 프론티어는 준거집단(reference set)에 의해 민감하게 반응하기 때문에 투입 및 산출요소의 결합이 상이한 경우 준거집단의 선정이 어려워진다. 둘째, DMU의 수가 커질수록 DEA 모형의 판별력은 높아지고 모형에 포함되는 변수의 수가 많아질수록 판별력은 저하된다<sup>10,11)</sup>. 따라서 적절한 자유도를 확보할 수 있도록 DMU 및 변수의 숫자를 결정해야 한다. 셋째, Cooper et al.<sup>12)</sup>에서는 적절한 자유도를 확보하기 위한 DMU의 수(n), 투입물의 수(m), 산출물의 수(s)의 관계는  $n \geq \max(m \times s, 3(m+s))$ 의 식을 따르도록 제안하고 있는데 이는 투입요소나 산출요소의 수가 증가할수록 효율성 값이 커지는 단점이 있기 때문이다.

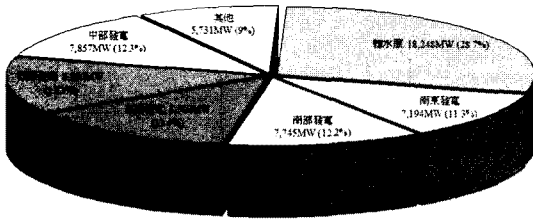
한국전력공사에서 분사된 6개의 발전회사들은 위에서 언급한 DMU 선정조건에 부합하지만 6개 기관만을 대상으로 할 경우 적절한 자유도를 확보하기 어렵기 때문에 연도별 운영기관을 서로 다른 DMU로 보았다. 이는 유럽 각국을 대상으로 1980~2003년 사이의 화물 수송 효율성을 DEA로 분석한 Olli-Pekka Hilmola<sup>13)</sup> 및 김재윤·심광식<sup>14)</sup>의 연구에서도 찾아볼 수 있다.

참고로, DMU로 선정한 국내 발전회사들의 특징을 개략적으로 살펴보면 다음과 같다<sup>5)</sup>. 우리나라의 발전설비는 크게 한전의 발전회사와

4) DEA 모형 적용시 유의할 점은 이경재(2006)의 연구를 중심으로 다루었음.

5) 한국전력거래소 홈페이지 (www.kpx.or.kr) [2007년도 06월 기준]의 자료를 활용하여 요약 정리함.

한국수자원공사, 기타 민간자본 발전소로 구분되며 발전설비의 구성비는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 국내 중요 발전사업자의 설비용량 및 점유율

우리나라 전체 발전설비 63,655MW중 한국전력공사의 발전자회사의 설비용량이 57,924MW로 약 91%를 점유하고 있음을 볼 수 있다.

그리고 한수원은 우리나라의 모든 원자력 발전설비를 관리하고, 나머지 5개 회사는 화력발전설비가 주종을 이루고 있다. 또한, 6개 발전회사의 전체용량은 2001년 46,629,133kW, 2002년9,419,133kW, 2003년 50,279,533kW, 2004년 53,748,163kW, 2005년 55,793,322kW로 지속적인 증가를 볼 수 있다. 본 논문에서는 자료 확보의 곤란 등으로 인하여 전체 발전설비의 약 91%를 차지하고 있는 한국전력공사의 6개 발전자회사를 대상으로 운영 효율성을 구하였다.

### 3.3 투입/산출변수 선정

선정된 DMU를 대상으로 DEA를 적용하여 효율성을 평가할 때 투입 및 산출요소를 결정하는 것도 DMU를 선정하는 것만큼 중요하다. 일반적으로 투입요소는 조직의 비용을 의미하며, 산출요소는 조직의 편익을 의미한다고 볼 수 있다. DEA 모형이 총괄투입에 대한 총괄산출의 비율을 극대화하는 측면에서 효율성을 평가하므로 투입요소와 산출요소는 직·간접적으로 인과관계를 가지고 있어야 한다[15].

발전회사의 효율성을 분석함에 있어 투입변수는 2가지의 경우로 구분하였다. 하나는 기존의 연구에서 사용되었던 것으로 총 설비용량과 근

로자 수로 하였으며, 다른 하나는 각 발전원별 특성을 고려하기 위하여 총 설비용량을 각 발전원별 설비용량(수력/대체에너지, 석탄화력, 유류/가스, 내연/복합화력, 원자력 등 5가지)으로 구분하였고 여기에 근로자 수를 추가하였다. 본 논문에서 에너지원 기준의 발전설비용량을 선정하 이유는 각 발전설비의 특성에 따른 것으로 1차 에너지원에 따라 고정비(설비자산)와 변동비(연료비용)의 비율에 차이를 갖는다는 특성 때문이다. 이를 통해, 투입변수로 총 설비용량을 사용한 경우와 이들을 구분한 경우에 대한 각 발전회사의 운영 효율성 차이를 분석할 수 있다. 관련문헌 고찰을 통하여, 본 연구에서 시도한 바와 같이 투입변수로 2가지 측면을 동시에 고려한 연구는 아직 없음을 확인하였다.

전력회사의 최종생산물은 전력량이므로, 이를 기본적인 산출변수로 선정하였으며 우리나라의 전력 도매시장이 시간대별 비용자료를 제시하여 도매가격을 결정하는 비용기준 입찰시장의 형태로 운영되고 있기 때문에 전력거래수입을 추가적인 산출변수로 선정하였다. 투입변수와 산출변수로 사용된 각 요소들은 한국전력공사의 동일시점 통계자료를 활용하였다. 이러한 과정을 통해 산출한 투입/산출변수의 실제 자료는 <표 1>과 같다. 아래 표에서 투입변수를 기존 연구에서와 같이 총 설비용량으로 사용하고자 할 때는 각 DMU별로 발전원별 설비용량의 단순합으로 계산하면 된다.

### 3.4 효율성 평가 및 분석결과

DEA분석에 이용된 소프트웨어는 DEA-Solver[12]이다. 이 프로그램은 분석 가능한 DMU수가 한정적이지만 DEA분석을 위해 전문화된 소프트웨어 패키지로 CCR 투입 및 산출모형과 BCC 투입 및 산출모형으로 효율성을 측정할 수 있다. CCR-I모형을 이용하여 분석한 결과

<표 1> 1차 에너지원 기준 투입/산출변수

연도	구분	투입변수					근로자	거래량 [MWh]	매출액 (백만원)
		발전원별 설비용량 [kW]							
		수력대체	석탄화력	유류가스	내연복합	원자력			
01년	남동1	600,000	3,565,000	500,000	900,000	-	1,370	22,803,729	1,123,527
	중부1	-	3,400,000	1,697,500	1,295,000	-	1,703	19,885,250	1,023,087
	서부1	600,000	2,566,000	1,400,000	2,280,000	-	1,438	25,215,499	1,472,654
	남부1	400,000	3,100,000	630,000	1,945,000	-	1,531	25,151,347	1,307,660
	동서1	700,400	2,900,000	1,800,000	2,100,000	-	1,608	24,355,060	1,378,416
	한수원1	534,550	-	-	-	13,715,683	5,105	81,408,315	3,268,026
02년	남동2	600,000	3,565,000	500,000	900,000	-	1,342	29,661,639	1,449,306
	중부2	-	3,400,000	1,697,500	1,895,000	-	1,677	30,883,367	1,598,024
	서부2	600,000	3,066,000	1,400,000	2,280,000	-	1,411	36,216,011	2,011,736
	남부2	400,000	3,000,000	420,000	1,945,000	-	1,517	35,292,562	1,785,791
	동서2	700,400	2,900,000	1,800,000	2,100,000	-	1,613	32,891,043	1,844,336
	한수원2	534,550	-	-	-	15,715,683	5,418	115,874,070	4,636,106
03년	남동3	600,400	3,565,000	500,000	900,000	-	1,391	30,026,553	1,454,157
	중부3	-	3,400,000	1,697,500	1,855,000	-	1,717	31,344,640	1,781,902
	서부3	600,000	3,066,000	1,400,000	2,280,000	-	1,415	37,095,653	2,122,901
	남부3	400,000	3,000,000	420,000	2,845,000	-	1,553	37,321,126	2,048,590
	동서3	700,400	2,900,000	1,800,000	2,100,000	-	1,672	32,544,069	1,867,833
	한수원3	534,550	-	-	-	15,715,683	5,770	125,864,613	5,065,317
04년	남동4	600,400	5,165,000	528,600	900,000	-	1,479	35,366,675	1,653,354
	중부4	-	3,400,000	1,697,500	1,855,000	-	1,805	34,009,545	1,894,618
	서부4	600,000	3,000,000	1,400,000	2,280,000	-	1,446	36,440,328	2,046,480
	남부4	400,000	3,000,000	426,000	3,745,000	-	1,586	46,693,617	2,738,333
	동서4	700,400	2,900,000	1,800,000	2,100,000	-	1,765	34,246,888	2,013,493
	한수원4	534,580	-	-	-	16,715,683	6,079	126,608,990	5,074,777
05년	남동5	600,500	5,165,000	528,600	900,000	-	1,641	40,945,301	2,008,079
	중부5	1,400	3,400,000	1,697,500	2,398,539	-	1,848	36,303,418	2,227,464
	서부5	600,120	3,000,000	1,400,000	2,280,000	-	1,525	36,323,970	2,213,277
	남부5	406,000	3,000,000	420,000	3,745,000	-	1,630	44,765,866	2,837,823
	동서5	700,400	3,400,000	1,800,000	2,100,000	-	1,832	34,590,440	2,123,280
	한수원5	534,580	-	-	-	17,715,683	6,237	141,692,245	5,656,416

각 DMU의 효율성은 <표 2>와 <표 3>과 같이 측정되었다. <표 2>는 기존 연구사례[1]와 같이 투입변수를 총 발전설비용량과 근로자수 등 2가지로 선정한 것이고, <표 3>의 결과는 본 연구에서 새롭게 사용한 1차 에너지원 기준 각 발전원별 설비용량과 근로자수 등 6개의 투입변수를 사용하여 구한 것이다.

분석결과, 총 설비용량 기준의 분석에 사용된 30개의 DMU중에서 상대적으로 100%의 효율성을 달성한 DMU는 한수원(03년도, 05년도)과 남부발전(04년도, 05년도)으로 나타났고 준거집단 출현빈도도 높게 나타났다(<표 2> 참조). 그러나 1차 에너지원별 투입변수 선정된 30개의 DMU중에서 상대적으로 100%의 효율성을 달성한 DMU는 남부발전(02년도, 04년도, 05년도)과 서부발전(03년도, 05년도), 한수원(03년도, 05년도), 남동발전(05년도), 중부발전(04년도, 05년도)으로 나타났고 '02년도 남부발전의 효율성은 준거집단 출현빈도가 가장 높게 나타났다(<표 3> 참조). 1차 에너지원 기준 발전설비용량을 투입변수로 선정한 경우, 총 설비용량 기준의 CCR분석 결과와 다르게 나타난 이유는 각 발전설비의 고정비와 변동비의 특성이 반영된 결과로 생각된다. 수력/대체 에너지의 경우는 변동비(발전연료비용)가 거의 없고, 화력의 경우 고정비(발전설비)와 변동비(연료비용)의 비율이 약 3 : 7, 원자력발전은 그 비율이 반대로 7 : 3인 점이 감안된 결과로 더욱 의미있는 분석결과로 생각된다. 그리고 두 가지 경우 모두에서 2001년도 효율성이 다른 해의 것보다 전체적으로 낮게 나타난 것은 2001년에 한국 전력공사의 발전부문 분리됨에 따라 각 발전회사의 다른 년도의 영업 기간보다 약 3개월이 적었기 때문이다.

총 설비용량 기준으로 DEA모형을 적용하면 다음과 같은 오류도 발생할 수 있다. 즉, <표 2>의 결과에서 보면 DMU29(동서발전 05년도)의 준거집단으로 DMU18(한수원 03년도)이 준거집단으로 선정되었는데, 동서발전의 발전설비에는 원자력 발전 설비가 없다는 오류에 빠지게 된다. 따라서 발전회사의 단순 설비용량에 따른 DEA분석보다는 각 에너지원별 발전설비용량을 서로 다른 투입변수로 선정하여 분석하는 것이 타당하다고 판단된다. 그러나 이에 관한 분석결과는 본 연구에서 다루는 사례에 국한된 것이며, 일반화하기 위해서는 더욱 많은 연구가 요구된다.

효율적인 DMU는 투입요소의 낭비 또는 산출물 부족이 발생되지 않은 DMU로 효율성은 100%로 측정된다. 반대로 투입요소의 낭비 또는 산출물 부족이 발생하는 경우 DMU의 효율성은 100%보다 적은 값을 갖게 된다. 비효율적인 DMU는 최적활동을 통해 효율적 프론티어 상에 있는 준거집단에 의해 그 정도를 평가받는 것이다. 비효율성 정도에 나타난 값은 준거집단에 의해 얻어진 효율적인 최적 값보다 투입 면에서 과도하게 투입되고 있는 정도를 알려주고 있다. 비효율성의 원인은 주로 투입요소의 사용에 있어 비효율적이기 때문이다. 효율적인 DMU가 되기 위해서는 비효율성 값을 줄여야 한다는 결론을 낼 수도 있다. 이는 DMU들의 효율성 향상을 위한 관리행태나 프로세스의 개선에 유용한 정보를 줄 수 있는 DEA의 장점이라 할 수 있다.

예를 들어, 1차 에너지원 기준의 분석(<표 3> 참조)에서 DMU29(동서발전 05년도)는 효율성이 96%로 비효율적인 DMU로 평가되었다.

6) 김태웅&조성현(2000)은 투입변수로 종업원수, 발전설비, 산출변수로 전력생산량, 판매수입, 판매량을 선정하여 세계 51개 전력회사를 대상으로 DEA분석을 하였다.



<표 2> 총 발전설비용량 기준 DEA 분석 결과

순번	부서명	용량(%)	효율	중가량비 (중가량/기준)		
				남부	한수원	한수원
1	남동1	62%	59%	남부4 (0.32922)	한수원5 (0.0524)	
2	중부1	46%		남부4 (0.0686)	남부5 (0.16113)	한수원5 (0.0668)
3	서부1	60%		남부4 (0.53711)	한수원5 (0.0958)	
4	남부1	62%		남부4 (0.30455)	남부5 (0.0355)	한수원5 (0.0659)
5	동서1	52%		남부4 (0.49747)	한수원5 (0.0795)	
6	한수원1	74%		한수원3 (0.44594)	한수원5 (0.17842)	
7	남동2	81%	82%	남부4 (0.45496)	한수원5 (0.0594)	
8	중부2	68%		남부4 (0.48109)	한수원5 (0.0594)	
9	서부2	87%		남부4 (0.77561)		
10	남부2	90%		남부4 (0.3234)	남부5 (0.0896)	한수원5 (0.1142)
11	동서2	70%		남부4 (0.66745)	한수원5 (0.0122)	
12	한수원2	93%		남부4 (0.1259)	한수원5 (0.7763)	
13	남동3	81%	83%	남부4 (0.41363)	한수원5 (0.0756)	
14	중부3	71%		한수원3 (0.0574)	남부5 (0.50276)	한수원5 (0.0114)
15	서부3	89%		남부4 (0.79445)		
16	남부3	87%		남부4 (0.59365)	남부5 (0.0378)	한수원5 (0.0558)
17	동서3	69%		남부4 (0.48446)	남부5 (0.13808)	한수원5 (0.0264)
18	한수원3	100%		8	한수원3 (1)	
19	남동4	81%	85%	남부4 (0.75742)		
20	중부4	76%		한수원3 (0.0897)	남부5 (0.50753)	
21	서부4	86%		남부4 (0.78041)		
22	남부4	100%		20	남부4 (1)	
23	동서4	74%		한수원3 (0.0510)	남부5 (0.61493)	한수원5 (0.0429)
24	한수원4	95%		한수원3 (0.50289)	한수원5 (0.44684)	
25	남동5	89%	87%	남부4 (0.72696)	한수원5 (0.0494)	
26	중부5	80%		한수원3 (0.0254)	남부5 (0.73965)	
27	서부5	84%		남부4 (0.40322)	남부5 (0.39083)	
28	남부5	100%		12	남부5 (1)	
29	동서5	72%		한수원3 (0.0239)	남부5 (0.70563)	
30	한수원5	100%		19	한수원5 (1)	

<표 3> 1차 에너지원 기준 DEA 분석 결과

UNIT	DMU	효율성		준거집단 출현빈도	준거집단 (λ값)
		CCR	평균		
1	남동1	75%	74.7%		남부2(0.1465) 남동5(0.4307)
2	중부1	84%			중부4(0.585)
3	서부1	75%			남부2(0.1175) 남부4(0.1958) 서부5(0.3283)
4	남부1	71%			남부2(0.549) 중부4(0.043) 남부4(0.014) 남동5(0.032) 서부5(0.064)
5	동서1	70%			남부2(0.285) 남부4(0.0157) 서부5(0.3735)
6	한수원1	74%	96.8%		한수원3(0.647)
7	남동2	97%			남부2(0.1905) 남동5(0.5602)
8	중부2	98%			중부4(0.9081)
9	서부2	98%			남부2(0.1820) 서부3(0.4072) 남부4(0.2274) 남동5(0.0994)
10	남부2	100%		13	남부2(1)
11	동서2	94%			남부2(0.429) 남부4(0.0314) 서부5(0.4484)
12	한수원2	94%	97%		한수원5(0.8196)
13	남동3	98%			남부2(0.1929) 남동5(0.5671)
14	중부3	99%			중부4(0.9405)
15	서부3	100%		3	서부3(1)
16	남부3	91%			남부2(0.4107) 남부4(0.4760) 남동5(0.0147)
17	동서3	93%			남부2(0.3141) 남부4(0.0055) 서부5(0.5837)
18	한수원3	100%	98%	3	한수원3(1)
19	남동4	95%			남부4(0.0294) 남동5(0.8302)
20	중부4	100%		5	중부4(1)
21	서부4	99%			남부2(0.243) 서부3(0.5626) 남부4(0.0748) 서부5(0.09638)
22	남부4	100%		10	남부4(1)
23	동서4	99%			남부2(0.1824) 남동5(0.0138) 서부5(0.7501)
24	한수원4	95%	99.3%		한수원3(0.4736) 한수원5(0.4731)
25	남동5	100%		10	남동5(1)
26	중부5	100%		1	중부5(1)
27	서부5	100%		9	서부5(1)
28	남부5	100%		1	남부5(1)
29	동서5	96%			남동5(0.1530) 서부5(0.8205)
30	한수원5	100%	3	한수원5(1)	

<표 4> DMU29(동서발전 05년도) 분석

	투입요소						정액기대 (MMK)	정액 (MMK)
	유류/가스 [MMK]	내연/복합 [MMK]	원자력 [MMK]	노동력 (명)	전력거래량 [MMK]	전력거래량 (MMK)		
DMU(동서5)	700,400	3,400,000	1,800,000	2,100,000	-	1,832	34,590,440	2,123,280
효율적인 경우	584,289	3,251,830	1,229,602	2,008,483	-	1,502	36,069,328	2,123,280
비효율성 정도	116,111	148,170	570,398	91,517	-	330	-1,478,888	0
DMU29의 효율성 값 : 96% 준거집단(λ값) : DMU25(남동5)(0.153007073) DMU27(서부5)(0.820516235)								
수력/대체	$600,500 \times 0.15301 + 600,120 \times 0.82052 = 584,289$							
석탄화력	$5,165,000 \times 0.15301 + 3,000,000 \times 0.82052 = 3,251,830$							
유류/가스	$528,600 \times 0.15301 + 1,400,000 \times 0.82052 = 1,229,602$							
내연/복합	$900,000 \times 0.15301 + 2,280,000 \times 0.82052 = 2,008,483$							
원자력	$0 \times 0.15301 + 0 \times 0.82052 = 0$							
노동력	$1,641 \times 0.15301 + 1,525 \times 0.82052 = 1,502$							
전력거래량	$40,945,301 \times 0.15301 + 36,323,970 \times 0.82052 = 36,069,328$							
전력거래액	$2,008,079 \times 0.15301 + 2,213,277 \times 0.82052 = 2,123,280$							

DMU29의 비효율성 근거는 이 DMU의 준거집단과의 비교를 통해 <표 4>와 같이 표현할 수 있다. DMU29의 준거집단은 DMU25(남동발전 05년도)와 DMU27(서부발전 05년도)로 각각의 람다(λ)값은 0.1530, 0.8205이다. 즉, 수력/대체에너지 발전설비 용량 116,111kW, 석탄화력 발전설비 용량 148,170kW, 유류/가스 발전설비 용량 570,398kW, 내연/복합화력 발전설비 용량 91,517kW, 그리고 노동력 330명이 효율적인 최적 값보다 투입 면에서 과다하게 투입되고 있음을 알 수 있다.

발전회사별 효율성을 비교하기 위해 <표 5>와 <표 6>에서 보는 바와 같이 각 DMU간의 평균 효율성을 구하였다. 총 발전설비용량 기준의 평균 효율성에서 한수원의 효율성이 가장 우수한 반면, 1차 에너지원 별 설비용량 기준의 평균 효율성에서는 중부발전의 효율성이 가장 높게 나타나 투입변수 선정에 따라 효율성 분석결과가 달라짐을 볼 수 있다.

<표 5> 총 설비용량 기준 각 DMU의 평균 효율성

	02년	03년	04년	05년	평균
남동발전	62%	81%	81%	81%	79%
중부발전	46%	68%	71%	76%	68%
서부발전	60%	87%	89%	86%	81%
남부발전	62%	90%	87%	100%	88%
동서발전	52%	70%	69%	74%	67%
한수원	74%	93%	100%	95%	92%
평균	59%	82%	83%	85%	79%

<표 6> 1차 에너지원 기준 각 DMU의 평균 효율성

DMU	01년	02년	03년	04년	05년	평균
남동발전	75%	97%	98%	95%	100%	93%
중부발전	84%	98%	99%	100%	100%	96%
서부발전	75%	98%	100%	99%	100%	94%
남부발전	71%	100%	91%	100%	100%	92%
동서발전	70%	94%	93%	99%	96%	90%
한 수 원	74%	94%	100%	95%	100%	93%
평 균	75%	97%	97%	98%	99%	93%

총 설비용량의 평균 효율성에서 우리나라 전력 소비의 기저부하(基底負荷)를 담당하는 한국수력원자력(주)의 효율성이 높게 나타난 것은 설비용량기준의 투입변수에서 가장 많은 발전용량을 보유하고, 가장 많은 양의 전력을 생산하여 규모의 경제를 실현하였기 때문으로 보인다. 또한, 년도별 효율성 변화 추이를 보면 지속적으로 상승하고 있음을 볼 수 있다. 이는 전력소비 증가에 대비한 지속적인 설비확충이 향후 효율성 향상에 상당한 의미가 있음을 보여준다고 할 수 있다. 반면, <표 6>의 1차 에너지원 기준 평균 효율성 측면에서 각 발전회사의 년도별 운영 효율성을 살펴보면, 총 발전설비용량 기준 평균효율성의 추이보다 높게 나타나고, 한수원의 평균 효율성 순위가 <표 5>의 결과보다 낮은 것을 알 수 있다. 이는 각 발전설비와 발전연료비용이 고려된 결과로 각 발전회사의 운영이 전력도매시장의 운영규칙에 의한 경제급전의 원칙에 따라 유기적으로 운영되고 있기 때문이다.

총 설비용량 기준의 효율성 분석을 통해, 중장기 전력수요에 대비한 발전설비의 지속적인 확충이 규모의 경제를 실현하여 효율성 향상에 상당한 기여를 하고 있음을 알 수 있다. 또한, 1차 에너지원별 기준의 분석에서 각 발전회사의 발전설비가 상당히 효율적으로 배분 및 운영되고 있음을 알 수 있다.

다음으로, 운영 효율성 분석결과에서 가장 많은 변동을 보인 남부발전과 한수원의 경우를 살펴볼 도록 한다. 남부발전의 경우 02년도부터 04년도의 운영 효율성이 총 설비용량 기준에서 볼 때 90%, 87%, 100%로 변동하였고, 에너지원별 기준에서 볼 때 100%, 91%, 100%로 변동함을 볼 수 있다. 이는 부산 복합화력 발전소의 건설(900MW; 03년 6월 준공, 900MW; 04년도 4월 준공)에 따른 영향으로 발전소의 운전기간이 년도별 영업기간과의 차이에 의한 영향으로 보인다. 또한 한수원의 경우 03년도부터 05년도의 총 설비용량 기준 및 에너지원별 기준 운영 효율성이 100%, 95%, 100%로 변동하였다. 이 또한 월성원자력발전소 5호기(1,000MW; 04년 07월 준공)와 6호기(1,000MW; 05년 04월 준공)의 준공에 따른 것으로, 발전설비의 운전기간과 년도별 영업기간의 불일치에 따른 것으로 판단된다. 따라서 정확한 효율성의 계산을 위해 각 발전설비별 운전기간을 고려한 운전가능 발전용량(단위 : Mwh)을 투입변수로 선정해야 된다는 결론이 나오나 본 연구에서는 자료 확보상의 문제로 설비용량으로 선정하였다.

각 DMU별 규모의 효율성은 CCR모형과 BCC모형의 분석 결과로부터 구할 수 있다. <표 7>과 <표 8>은 각각 총 발전설비용량 기준과 1차 에너지원 기준에 따른 년도별 규모효율성을 보인 것이다. <표 7>에서 보는 바와 같이, 총 발전설비용량을 기준으로 구한 규모의 효율성은 한수원,

<표 7> 총 발전설비 용량 기준 규모효율성

DMU		2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	평 균
남동발전	CCR	62%	81%	81%	81%	89%	79%
	BCC	100%	100%	100%	95%	94%	98%
	규모효율성	62%	81%	81%	86%	95%	81%
중부발전	CCR	46%	68%	71%	76%	80%	68%
	BCC	87%	82%	85%	86%	87%	85%
	규모효율성	53%	82%	84%	89%	92%	80%
서부발전	CCR	60%	87%	89%	86%	84%	81%
	BCC	94%	100%	100%	98%	96%	97%
	규모효율성	64%	87%	89%	88%	87%	83%
남부발전	CCR	62%	90%	87%	100%	100%	88%
	BCC	92%	100%	96%	100%	100%	97%
	규모효율성	68%	90%	91%	100%	100%	90%
동서발전	CCR	52%	70%	69%	74%	72%	67%
	BCC	83%	86%	84%	84%	81%	84%
	규모효율성	62%	81%	82%	88%	88%	80%
한 수 원	CCR	74%	93%	100%	95%	100%	92%
	BCC	78%	94%	100%	95%	100%	93%
	규모효율성	95%	99%	100%	100%	100%	99%

남부발전, 남동발전, 중부발전, 동서발전, 서부발전 순임을 알 수 있다. 한수원은 CCR 및 BCC 효율성이 모두 높아 규모의 효율성을 가장 높게 달성한 발전회사로 판단되었다. 동서발전은 BCC 평균 효율성은 84%이나 CCR 평균 효율성이 67%로 상당히 낮아 규모의 효율성이 낮게 나왔다. 이러한 이유는 한국동서발전의 발전설비용량에 비해 전력 거래량이 다소 낮게 나왔기 때문으로 보인다.

한편, <표 8>에서 보는 바와 같이, 1차 에너지원 기준에 따른 년도별 규모의 효율성은 남부발전, 동서발전, 한수원, 남동발전, 중부발전, 서부발전 순임을 알 수 있다. 총 설비용량에 따른 규모의 효율성과는 달리 전체적으로 규모의 효율성이 높게 나타났으며, 특히 2005년도 각 DMU의 규모 효율성이 모두 100%로 나왔다. 이는 앞에서 언급

한 것과 마찬가지로 전력도매시장의 이중적인 가격특성 때문으로 생각된다.

#### 4. 결론 및 한계점

본 연구에서는 DEA모형을 이용하여 2001년 전력산업구조개편에 의해 설립된 한국전력공사의 6개 발전자회사를 대상으로 운영 효율성을 평가하였으며, 구체적인 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 발전회사의 설비용량을 투입요소로 적용할 때, 총 설비용량을 적용하는 경우와 세부적으로 각 1차 에너지원에 따른 설비용량을 적용한 경우의 DEA 분석 결과가 다르게 나타났다. 또한, 총 발전설비용량 기준의 분석에서는 화력발전 DMU의 효율성 분석에서 원자력발전 DMU가 준

<표 8> 1차 에너지원 기준 규모효율성

DMU		2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	평 균
남동발전	CCR	75%	97%	98%	95%	100%	93%
	BCC	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	규모효율성	75%	97%	98%	95%	100%	93%
중부발전	CCR	70%	94%	93%	99%	96%	90%
	BCC	95%	99%	99%	100%	96%	98%
	규모효율성	73%	95%	94%	99%	100%	92%
서부발전	CCR	71%	100%	91%	100%	100%	92%
	BCC	99%	100%	100%	100%	100%	100%
	규모효율성	72%	100%	91%	100%	100%	93%
남부발전	CCR	84%	98%	99%	100%	100%	96%
	BCC	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	규모효율성	84%	98%	99%	100%	100%	96%
동서발전	CCR	75%	98%	100%	99%	100%	94%
	BCC	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	규모효율성	75%	98%	100%	99%	100%	94%
한 수 원	CCR	74%	94%	100%	95%	100%	93%
	BCC	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	규모효율성	74%	94%	100%	95%	100%	93%

거집단으로 등장하는 문제점이 나타났으나, 1차 에너지원 기준의 DEA분석에서는 이러한 문제점이 나타나지 않았다. 투입변수 선정시 발전설비를 1차 에너지원에 따라 세부적으로 적용한 경우 효율성이 총 설비용량기준과 다르게 나타난 이유는 각 발전설비의 고정비와 변동비 특성이 감안된 결과로 생각된다. 그러나 이와 같이 두 가지의 투입요소 선정에 따른 분석은 각기 다른 의미를 가진다. 총 설비용량 기준의 효율성 분석은 거시적인 차원에서 전체 전력시장 운영 관점의 참고자료로 다루어져야 하고, 1차 에너지원별 기준은 각 전력회사의 실제 운영 효율성 향상의 차원에서 좋은 참고자료가 될 수 있다고 생각된다.

둘째, 한국수력원자력(주)의 효율성은 투입변수를 총 발전설비용량으로 선정한 경우보다 1차 에너지원별 발전설비용량으로 적용한 경우의 효율

성이 낮게 나왔다. 이는 산출변수중 매출액이 타 발전회사보다 비교적 적게 나왔기 때문으로 전력도매시장에서 비용기준입찰방식에 결과로 판단된다. 즉, 원자력 발전의 경제성이 재차 확인된 결과로 생각된다.

셋째, 발전설비의 투입요소를 세부적으로 적용하였을 때, 각 전력회사의 효율성 차이가 크게 나타나지 않은 것은 전력산업구조개편이라는 정책적인 결정에 의해 인위적으로 나타난 분할이기 때문에 사전에 각 회사의 효율성이 충분히 검토된 결과로 생각된다.

넷째, 중장기 전력수요 전망을 볼 때, 앞으로 2015년 경 국내 전력수요는 어느 정도 포화점에 도달하여 그 이후의 전력수요량 증가세는 완만할 것으로 예측하고 있다. 따라서 향후 발생할 노후 발전설비 대체시 1차 에너지원별 DEA모형의 분

석결과를 활용하여 더욱 효율적인 에너지원의 비율을 높일 수 있으므로 발전회사의 운영 효율성 향상에 많은 기여를 할 것으로 사료된다.

본 논문은 다음과 같은 한계점을 갖는다. 첫째, DEA모형은 어떤 투입 및 산출변수를 사용하느냐에 따라 그 결과가 다르게 나타났다. 본 논문에서는 변수 선정의 타당성을 높이기 위해서 선행 연구들을 검토하였고, 기존 논문에서 사용한 총 발전설비 용량기준의 투입요소와 비교하기 위하여 1차 에너지원 별로 세분화된 설비용량을 추가적인 투입변수로 사용하였다. 분석결과 두 경우의 효율성 분석결과에 상당한 차이가 있음을 볼 수 있다. 그러나 본 논문에서 사용한 투입/산출변수가 최적이라고 판단하기에는 한계가 있다. 또 다른 측면에서 투입변수를 분류하였을 경우 DMU들의 상대적 효율성도 달라질 수 있기 때문에 향후에는 발전회사의 효율성을 측정하기 위한 최적의 투입 및 산출변수 선정에 관한 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

둘째, 투입변수 중 근로자수(노동력) 자료의 신뢰도가 다소 떨어진다는 문제점과 신설 발전설비의 운전기간이 매년 영업기간과 일치하는지의 문제점이 있다. 각 전력회사는 증장기 전력수요에 대비하기 위하여 지속적으로 발전소를 건설하고 있으며, 이에 따른 기간은 상당한 시간이 소요된다. 따라서 발전회사의 운영 효율성 분석을 위한 자료에서는 총 근로자수에서 건설공사업무에 종사하는 직원의 수만큼 차감하여 실제 발전분야에 종사하는 근로자수를 산정해야 하고, 신설 발전설비의 운전기간에 비례하여 적당한 보상치를 적용하여야 하는데 자료 확보의 곤란성 등으로 인하여 반영하지 못하였다.

셋째, 본 연구에서 사용한 DEA모형은 CCR, BCC모형으로 일반적인 모형이다. 본 연구결과의 중요한 의미인 DEA 모형의 적용성 확대와 기존 연구와 다른 투입변수의 세분화라 볼 수 있지만, 이론적 기여점은 약하다고 생각된다.

넷째, 6개 발전회사의 5개 년도 운영 실적을 바탕으로 효율성을 검토하였다. 그 결과 어느 DMU의 준거집단으로 연도가 다른 DMU가 출현하게 되었다. DMU의 특성상 발전설비용량이 주종을 이루고 있어 운영상의 효율성을 판단하기에는 큰 무리가 없을 것으로 사료되나, 같은 집단의 다른 연도 DMU가 준거집단으로 출현하는 부분에 대하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

다섯째, 1차 에너지원별 투입변수의 구성요소 중 특정 발전설비의 용량이 0인 부분이 나타나게 되었는데, 이는 DMU가 동질성을 가져야 한다는 관점에서 충분한 검토가 이루어져야 할 것으로 보인다. 또한, 적절한 DMU의 자유도를 확보하기 위해 비교 기관들의 연도별 자료를 서로 다른 DMU로 볼 경우, 자료의 독립성을 해치는지에 대한 충분한 검토가 요구된다.

## 참고문헌

- [1] 김태웅·조성한, “DEA모형을 이용한 전력회사 효율성 분석에 관한 연구”, 자원·환경경제연구, 제 9권, 제 2호, 2000.
- [2] 전용수·최태성·김성호, 효율성 평가를 위한 자료포락분석, 인하대학교 출판부, 2002.
- [3] 임호순·유석천·김연성, “연구개발사업의 평가 및 선정을 위한 DEA/AHP 통합모형에 관한 연구”, 한국경영과학회지, 제 24권, 제 4호, pp.1-12, 1999.
- [4] Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E., “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” European Journal of Operational Research. Vol.2, pp. 429-444, 1978.
- [5] 이경재, DEA모형을 활용한 인터넷 기업의 효율성 평가에 관한 연구, 박사학위논문, 전남대학교, 2006.

- [6] Thanassoulis, E., Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: a foundation text with integrated software, Kluwer Academic Publisher, 2003.
- [7] 이현정, 효율성 및 생산성 측정의 비모수적 DEA방법론에 관한 연구 - 전력 산업에 대한 응용을 중심으로, 석사학위논문, 서울대학교, 1998.
- [8] 이유수, 전력산업의 환경변화에 따른 전력산업의 구조 및 효율성 변화 연구, 에너지경제연구원 기본연구보고서, 2006.
- [9] 윤경준, “DEA를 통한 보건소의 효율성 측정”, 한국정책학회보, 제 5권, 제 1호, pp. 80-109, 1996.
- [10] Wilson, P.W., “Detecting influential observations in data envelopment analysis,” Journal of Productivity Analysis, Vol.6, pp.27-46, 1995.
- [11] Banker, R.D., Chang H. and Cooper, W. W. “Simulation studies of efficiency, Returns to scale and misspecification with nonlinear function in DEA,” Annals of Operations Research, Vol.66, pp.231-253, 1996.
- [12] Cooper, W., Seiford, L.M. and Tone, K. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, reference and DEA-Solver software. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers. 2000.
- [13] Olli-Pekka Hilmola, “European railway freight transportation and adaptation to demand decline,” International Journal of Productivity and Performance Management, Vol.56, pp.205-225, 2007.
- [14] 김재운·심광식, “DEA 모형을 활용한 지하철 운용기관의 효율성 평가”, 한국산업경제학회지 투고, 2007.
- [15] 김진한·민재형, “부분 효율성 정보를 이용한 DEA 모형의 투입·산출요소 선정에 관한 연구”, 한국경영과학회지, 제 23권, 제 3호, pp.201-217, 1998.
- [16] 심광식, DEA모형을 활용한 지하철 운용기관의 효율성 평가, 석사학위논문, 전남대학교, 2006.
- [17] Bhattacharyya A., Kumbhakar S.C. and Bhattacharyya A., “Ownership Structure and Cost Efficiency : A Study of Publicly Owned Passenger-Bus Transportation Companies in India.” Journal of Productivity Analysis. Vol.6, pp.47-61, 1995.
- [18] Coelli, T.J., Rao D. S. P., and Battese G. E., An Introduction to Efficiency and productivity Analysis, Kluwer Academic publishers, 1998.
- [19] De Borger B., Kerstens K., Costa Á., “Public Transit Performance : What Does One Learn from Frontier Studies?,” Transport Reviews. Vol.22, pp.1-38, 2002.
- [20] Farrell, M. J, “The Measurement of Productive Efficiency,” Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General, Vol.120, pp. 253-281, 1957.
- [21] Serrano-Cinca, C., Y. Fuertes-Callen and C. Mar-Molinero, “Measuring DEA efficiency in internet companies,” Decision Support Systems, Vol.38, pp.557-573, 2005.



---

■ 저자소개 ■

---

고 승 철 (E-mail: sckoh@kepco.co.kr)

2007 전남대학교 경영대학원(석사)

현재 한국전력공사 재직

심 광 식 (E-mail: ccrazy@hanmail.net)

2006 전남대학교 경영대학원(석사)

현재 전남대학교 경영학과 박사과정 재학중, 광주도시철도공사 재직

관심분야 효율성평가, DEA

김 재 윤 (E-mail: jaeyun@chonnam.ac.kr)

2000 전남대학교 산업공학과(박사)

현재 전남대학교 경영대학 경영학과 조교수

관심분야 생산관리, 경영성과평가, 조합최적화, DEA, AHP,