

규제연구 제19권 제1호 2010년 6월

# 기업의 소유권과 효율성에 관한 연구

-전력산업을 중심으로-

김 대 욱\* · 이 유 수\*\*

본 연구는 2001년 발전자회사 분할 이후에 민간발전소가 발전자회사 소속 발전소에 비해서 연료를 효율적으로 사용하였는지의 여부를 실증적으로 분석한다. 이론적으로 보면 이윤추구를 목적으로 하는 민간발전소는 연료를 효율적으로 사용하여 비용을 절감할 유인과 용량 철회를 통한 시장지배력 행사의 유인을 동시에 가지고 있다. 따라서 민간발전소가 발전자회사 소속 발전소에 비해서 연료를 효율적으로 사용하였는지의 여부는 실증적인 분석대상이다. 본 연구에서는 두 가지 형태의 자료(2001~2008년까지의 연도별 발전소의 자료와 최근 3년간의 월별 발전기별 자료)를 사용하여 이를 실증적으로 분석하고자 한다. 먼저 연도별 발전소의 자료를 사용하여 내생성의 문제를 통제한 이후에 추정한 결과에 의하면, 민간발전소는 발전용량에 따라서 발전자회사 소속 발전소에 비해서 연료를 6.3~10% 효율적으로 사용한 것으로 분석되었다. 또한 발전기별 자료를 사용하여 내생성의 문제를 제어한 이후의 추정결과에 의하면, 민간발전회사는 유사한 규모의 발전기에 비해서 발전연료를 약 14% 효율적으로 사용한 것으로 분석되었다. 이러한 연구결과는 민간발전회사가 발전자회사에 비해서 연료를 효율적으로 사용하고 있음을 시사한다.

핵심용어: 전력산업, 소유권, 효율성

경제학문헌목록 주제분류: L1, L4, L5

\* 제1저자, 숭실대학교 경제학과 조교수, 서울시 동작구 상도동 511 숭실대학교(daekim@ssu.ac.kr)

\*\* 공동저자, 에너지 경제연구원 연구위원, 경기도 의왕시 내손순환길180(yslee@keei.re.kr)

본 연구를 위하여 유익한 논평을 해주신 익명의 두 분의 심사위원께 감사의 뜻을 표하고자 한다.

접수일: 2/17, 게재확정일: 5/13

## I. 서 론

전 세계적으로 90년대 중반부터 전력산업의 구조개편(restructuring)은 큰 흐름으로 인식되어 왔다. 전력산업은 크게 발전, 송전 및 배전, 판매 부문으로 나뉘어져 있으며, 이 중에서 구조개편의 대상은 발전원가에서 차지하는 비중(약 80% 내외)이 매우 큰 발전부문이 주요 관심의 대상이 되어 왔다. 이는 기존의 규모의 경제에 기반을 둔 수직적 통합체제가 적어도 전력산업의 발전부문에서는 더 이상 존재하지 않거나, 비록 규모의 경제 효과가 존재하더라도 발전회사 간의 경쟁을 통해서 규모의 경제의 효과보다 큰 비용절감이 가능하다는 믿음에 근거를 두고 있다.

우리나라에서 전력산업의 구조개편은 그동안 한국전력이 독점으로 운영하던 발전부문이 2001년 4월에 6개의 자회사로 분할되면서 본격화되기 시작하였다. 이러한 움직임은 발전회사 간 경쟁을 위한 토대가 마련되었다는 점에서 의미가 있었으며, 향후 민간 발전소의 역할은 매우 중요할 것으로 기대되었다. 그러나 발전 자회사 분할 이후에 2003년에 남동발전에 대한 매각이 실패로 돌아가고, 2004년에는 노사정위원회의 권고로 배전부문에 대한 민영화 계획이 중단되면서, 발전부문에 대한 경쟁압력은 이전에 비해서 크게 줄어들었다. 결과적으로 우리나라의 전력시장에는 2009년 현재 발전자회사 소속 발전소와 민간발전소가 공존하고 있다.

전력산업은 특성상 시장점유율이 매우 작은 기업이라도 시장지배력의 행사가 가능한 산업으로 널리 알려져 있다. 이는 전력의 경우 수요탄력성과 공급탄력성이 매우 작으므로, 전력의 수요가 높은 시기에는 시장점유율이 작은 기업이 공급량을 일부만 철회하여도 도매가격의 급등이 가능할 수 있기 때문이다.<sup>1)</sup> 따라서 발전자회사 분할 이후에 시장점유율이 상대적으로 작은 민간발전소가 과연 유사한 형태의 공기업 소유의 발전소에

비해서, 발전운영을 효율적으로 하였는지 혹은 시장지배력을 행사하였는지의 여부를 실증적으로 분석하는 것은 흥미로운 것이다. 즉, 일반적으로 민간 소유의 발전소는 이윤추구를 목적으로 하기 때문에 공기업 소유의 발전소에 비해서 발전비용을 줄일 유인이 클 수도 있으나, 동시에 민간발전소의 특성상 발전운영을 시장지배력을 행사하여 과다 이윤을 추구할 유인이 존재할 것이다.

일반적으로 발전소는 전기를 생산하기 위해서는 발전초기에 기동비용이 많이 소요되나, 일정생산을 넘어서 이후에는 연료사용의 효율성이 크게 증가한다. 따라서 민간발전소가 비용의 최소화를 목적으로 한다면 최적의 규모에서 전력을 생산하여 단위당 발전비용을 줄이려고 노력할 것이다. 그러나 민간발전소는 전력산업의 특성상 시장점유율이 작더라도 재화의 수요탄력성과 공급탄력성이 매우 비탄력적이기 때문에 용량 철회를 통한 시장지배력 행사의 유인도 가지고 있다.<sup>2)</sup> 즉, 민간발전소는 이윤극대화를 위해서 발전소를 전략적으로 운영할 가능성도 있으며, 이 경우에는 이윤은 극대화될 수 있으나 발전소 운영의 효율성은 낮아질 것이다. 반면에 발전자회사 소속 발전소는 시장지배력 행사의 유인은 작으나 최적규모에서 전력을 생산하여 발전비용을 최소화할 유인 또한 작을 것이다.<sup>3)</sup> 결과적으로 발전자회사 소속 발전소에 비해서 민간발전소가 효율성으로 운영되었는지의 여부는 흥미로운 실증적인 분석대상이고 본 연구에서는 다양한 패널자료를 사용하여 이를 분석하고자 한다.

구체적으로 본 연구에서는 두 가지 형태의 패널자료를 사용하여, 발전분할 이후에 연료사용의 효율성을 분석하고자 한다. 구체적으로 본 연구에서는 연료투입요소함수를 2001년 이후의 연도별 발전소 단위의 자료와 최근 3년간의 월별 발전기별 자료를 사용하여 추정한다. 먼저, 연도별 발전소의 자료를 투입요소함수를 사용하여 추정한 결과에

- 
- 1) 가령, Taylor(1975), Reiss and White(2005), Puller(2007), Borenstein, Bushnell and Wolak(2002) 등에 따르면 전력수요의 탄력성과 전력공급의 탄력성은 매우 낮은 것으로 알려져 있다.
  - 2) 민간발전회사는 시장 규모에 비해서 매우 작으며, 시장가격은 주로 용량입찰과 예측수요에 의해서 결정되기 때문에, 의도적 감발은 실제로 시장가격에 직접 영향을 미치지 않을 것이다. 본 연구 결과에 의하면, 민간발전소는 실제로 발전자회사에 비해서 효율적으로 운영된 것으로 나타났으며, 이는 민간발전소가 실제로 의도적 감발을 행사했을 가능성이 매우 낮음을 의미한다.
  - 3) 발전자회사는 한전으로부터 경영평가를 받으며, 특히 강력한 상대평가를 받는다는 점에서 발전자회사의 연료감축 유인이 반드시 작다고 하기는 어려울 것이다. 그러나 발전자회사의 연료비용 감축유인은 민간 발전회사에 비해서는 작을 것으로 판단되며, 본 연구는 이를 실증적으로 분석하고자 한다.

의하면, 민간발전소는 발전회사 소속 발전소의 비해서 연료를 5.5~6.7% 효율적으로 사용한 것으로 분석되었다. 또한 발전기별 월별자료를 사용한 결과에 의하면, 민간발전회사는 유사한 규모의 발전기에 비해서 발전연료를 약 14% 효율적으로 사용한 것으로 분석되었다. 이러한 연구결과는 민간발전회사가 발전회사에 비해서 연료를 효율적으로 사용하고 있음을 시사한다.

본 논문은 전력산업의 구조개편과 효율성과의 관계를 분석한 국내외의 기존의 연구와도 밀접한 관련성이 있다. 국외의 연구를 보면, 본 논문은 구조개편과 효율성과의 관계를 분석한 Fabrizio, Rose and Wolfram(2006, 이하 FRW)의 연구와 관련성이 있다. FRW는 1981년부터 1999년까지의 미국의 발전회사별 패널데이터를 사용하여 측정된 결과, 구조조정이 진행 중인 주에 위치한 민간발전소가 그렇지 않은 주에 위치한 민간발전소에 비해서 인원과 비용(연료비와 인건비 제외) 측면에서 보다 효율적으로 운영되었다고 주장하였다. 그러나 FRW는 발전연료사용의 효율성에 관해서는 통계적으로 유의한 추정치를 찾아내지 못하였다. 이는 아마도 FRW가 발전기별 자료가 아니라 발전소별 자료를 사용하여 연료사용의 효율성을 측정하였기 때문으로 분석된다. 본 연구는 FRW가 사용한 방법과 같은 모형을 사용하여 민간발전소와 공기업 소유발전소의 효율성을 비교하고자 한다. 반면에, Bushnell and Wolfram(2005)은 1998년부터 2001년까지의 미국 발전기별 자료를 분석한 결과, 구조개편이 이루어진 주에 위치한 민간 발전기가 그렇지 않은 주에 위치한 민간 발전기에 비해서 발전연료 사용의 효율성이 2% 높다고 주장하였다. 본 연구는 분석기법 측면에서 Bushnell and Wolfram(2005)의 연구와 밀접하게 연결되어 있다. 한편, Zhang(2007)은 1992년부터 1998년까지의 미국의 원자력 발전소 데이터를 사용하여 경쟁의 도입이 발전소의 효율성에 미친 영향을 분석하였다. 구체적으로 그는 미국의 73개의 투자자 소유의 원자력발전소의 자료를 사용하여 구조개편과 효율성 사이에 양의 상관관계가 존재하는 것을 발견하였다.

본 연구는 국내의 발전회사와 국외의 발전회사의 효율성을 비교한 이유수(2007)의 연구와 발전분할의 효과를 시계열적으로 분석한 김대욱(2008, 2009)의 연구와도 관련성을 가지고 있다. 이유수(2007)의 연구에 따르면, 우리나라는 1990년대 중반 이후에는 주요 비교국가에 비해서 효율성의 개선속도가 크고, 2000년 이후에는 다른 국가에 비해서 보다 높은 효율성을 가진 것으로 분석되었다. 한편, 김대욱(2008, 2009)의 연구에 따르면,

2001년 발전자회사 분할이후에는 평균적으로 효율성의 향상이 이루어졌다고 주장하고 있다. 즉, 김대욱(2008)은 Levinsohn and Petrin 모형을 사용하여 1990년부터 2005년까지의 석탄화력발전소의 효율성의 변화를 추정하였다. 분석결과에 의하면, 2001년 이후에 석탄화력발전소의 효율성은 평균적으로 6.6% 향상된 것으로 나타났으나, 시간이 지남에 따라서 효율성의 증가속도는 점차 떨어지고 있는 것으로 나타났다. 또한, 김대욱(2009)은 1990년부터 2005년까지의 발전소의 자료를 사용하여 발전회사 분할의 효율성 변화를 측정하였다. 구체적으로 그는 FRW와 같은 투입요소함수를 사용하여 발전분할 이후의 효율성의 변화를 분석하였다. 분석결과에 의하면, 발전분할 이후에 비용절감이 이루어졌으며 외환위기 이후에는 인력감소가 이루어진 것으로 나타났다. 그러나 생산성의 향상은 주로 연료비를 제외한 기타 비용의 절감에 기인한 것으로 분석하고 있으며, 생산원가의 대부분을 차지하고 있는 연료사용의 효율성은 통계적으로 무의미한 것으로 나타났다.

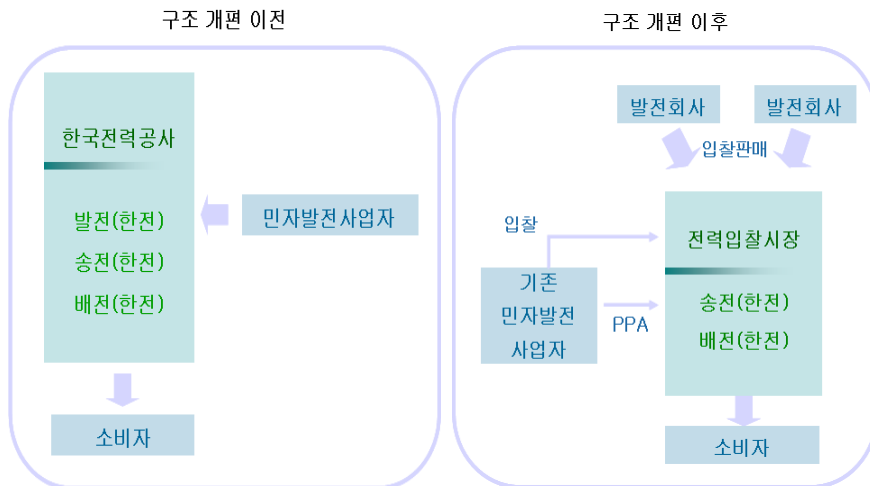
본 연구는 기존의 연구에 비해서 적어도 두 가지 면에서 차이점을 가지고 있다. 첫째, 기존의 국내 연구는 실증분석에서 중요한 통제그룹(control group)이 적절하지 못하거나 부재하다는 문제점을 내포하고 있다. 이에 반해서 본 연구는 구조개편 전후를 시계열적으로 비교하는 것이 아니라, 민간발전소와 유사한 발전형태를 가지고 있는 공기업 소속 발전소를 서로 비교·분석함으로써 시사점을 도출한다는 점에서 기존의 국내 연구와 차별성을 가진다고 할 수 있다. 두 번째로 기존의 연구는 발전원가에서 80% 이상을 차지하는 연료사용의 효율성을 유의미하게 분석하고 있지 못하고 있다. 이는 기존의 연구가 령, FRW(2006) and 김대욱(2009)]가 열소비율 함수를 추정함에 있어서 발전량의 내생성을 올바르게 제어하고 있지 못하기 때문이다. 즉, 기존의 연구는 발전량에 대한 도구변수로 월별 또는 연도별 총 예측수요만을 사용하고 있으나, 본 연구에서는 총 예측수요와 함께 발전소별 변화량을 제어하는 발전소별 용량을 사용하고 있다는 점에서 차이를 보인다. 결과적으로 본 연구는 통계적으로 유의한 수준의 연료사용의 효율성을 분석한다는 점에서 기존의 연구와 차별성을 가지고 있다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. II장은 우리나라의 전력산업의 현황을 소개한다. III장은 본 연구의 경험적 분석전략을 분석자료와 분석모형으로 나누어 제시한다. 이후에 IV장은 분석결과에 관해서 논의하고, V장은 결론과 정책적인 시사점을 도출한다.

## II. 우리나라의 전력산업 현황

전력산업은 전통적으로 대표적인 규제산업으로 인식되어 왔다. 이는 한편으로 전기는 저장이 불가능하고 수요와 공급 탄력성이 모두 매우 작은 특성을 가지고 있어서 시장지배력 행사의 가능성이 매우 높기 때문이다. 다른 이유는 전력산업은 특히 초기 투자비용이 많이 들어가는 장치산업이나 규모의 경제가 발생하는 산업으로 인식되어 자연독점적인 성격이 매우 강하기 때문에 정부에서는 이에 대한 규제를 강화해 왔다. 그러나 1990년대 중반 이후 전 세계적으로 전력산업의 발전부문에서 더 이상 규모의 경제가 발생하지 않고, 오히려 경쟁을 통한 비용절감이 가능하다는 믿음에 근거하여 전력산업에 대한 구조개편을 추진해 왔다.

〈그림 1〉 구조개편 이전과 이후의 전력시장 환경변화



주: PPA(Power Purchase Agreement): 발전회사와 송전회사 간의 장기적인 전력수급계약

우리나라는 전력산업 구조개편 기본계획에 따라서 준비단계, 발전경쟁, 도매경쟁, 소매경쟁의 모두 4단계에 걸쳐서 전력산업의 구조개편을 단행할 계획이었다. 구조개편 기본계획에 따르면, 단기적으로는 발전회사를 단계적으로 민영화하여 상호간의 경쟁을 통한 비용절감을 실현하고, 장기적으로는 배전부문도 여러 개로 분할하여 경쟁을 촉진하

고자 하였으며, 송전부문도 개방하여 민간업체들이 자유로이 송전망을 이용하여 공정한 경쟁을 유도하고자 하였다. 이의 일환으로 발전부문을 2001년 4월 6개의 자회사로 분할하였고, 발전회사 간 전력거래 및 계통운영을 담당하기 위해서 비영리 법인인 한국전력거래소와 전력입찰시장의 관리 및 운영, 소비자보호 및 분쟁에 관해서 심의기능을 담당하는 전문 감독기관인 전기위원회를 설립하여 구조개편의 틀을 마련하였다. 그러나 앞서도 언급하였듯이, 전력산업의 구조개편은 2003년에 남동발전에 대한 매각이 실패로 돌아가고, 2004년에는 노사정위원회의 권고로 배전부문에 대한 민영화 계획이 중단되었다. 이후에는 구조개편이 계획안대로 더 이상 진전되지 못하고, 최근에는 오히려 발전자회사에 대한 재통합 논의마저 이루어지고 있는 실정이다.

우리나라의 전력산업은 현재 송전 및 배전은 한국전력이 관할하고, 발전부문을 6개의 발전자회사와 민간전력회사가 담당하고 있다. <그림 1>을 보면 구조개편 이전에는 한국전력이 발전, 송전 및 배전을 수직적으로 통합하고 있었으며, 민간발전회사는 한국전력에 전력을 판매하고 있었다. 그러나 2001년 발전부문이 6개의 발전자회사로 분할되면서, 기존의 민자발전 사업자는 전력입찰시장에 전력을 장기적인 수급계약을 통해 공급하거나 입찰을 하는 형태로 변화하였다. 한편, 6개의 발전자회사는 전력입찰시장에서 입찰을 통해서 전력을 판매하게 되었다.

<표 1> 발전자회사와 민간발전회사의 용량비교(2008년 말 기준)

| 구 분  | 발전자회사<br>(한국전력 소속) |       | 기타발전회사 |       | 전체     |      |
|------|--------------------|-------|--------|-------|--------|------|
|      | 용량(MW)             | 비중    | 용량(MW) | 비중    | 용량(MW) | 비중   |
| 설비용량 | 63,529             | 87.6% | 8,962  | 12.4% | 72,491 | 100% |

자료: 한국전력통계

<표 1>은 2008년 말 기준 발전자회사와 민간발전회사와의 용량을 비교하고 있다. 한국전력 소속의 발전자회사는 발전용량을 기준으로 전체 용량의 약 87.6%를 차지하여 기타 발전회사에 비해서 매우 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 앞서도 언급하였듯이, 전력산업은 특성상 시장점유율이 작은 기업이라도 시장지배력의 행

사가 가능한 산업으로 널리 알려져 있음에 유의할 필요가 있다. 한편, 발전자회사와 민간발전회사는 규모뿐만 아니라 발전원에 있어서도 큰 차이를 보이고 있다.

〈표 2〉 발전자회사와 민간발전회사의 발전설비 현황(2008년 말 기준)

(단위: MW)

| 구 분    | 수력    | 기력     | 복합화력   | 내연력 | 원자력    | 집단    | 신재생 | 합계     |
|--------|-------|--------|--------|-----|--------|-------|-----|--------|
| 발전자회사  | 4,429 | 29,731 | 11,289 | 307 | 17,716 | -     | 58  | 63,530 |
| 민간발전회사 | -     | -      | 5,755  | -   | -      | -     | -   | 5,755  |
| 기타     | 1,001 | -      | -      | -   | -      | 1,460 | 746 | 3,207  |
| 합계     | 5,430 | 29,731 | 17,044 | 307 | 17,716 | 1,460 | 804 | 72,492 |

자료: 한국전력통계

〈표 2〉는 발전자회사와 민간발전회사의 발전설비를 발전형태에 따라서 분류하고 있다. 발전자회사는 원자력과 수력발전소로 이루어진 한국수력원자력, 남동발전, 중부발전, 서부발전, 동서발전 및 남부발전 등의 6개의 회사로 이루어져 있다. 한국수력원자력을 제외한 5개의 화력발전자회사는 석탄발전소, 중유발전소, 양수발전소 및 복합화력발전소를 소유하고 있다. 최근에는 풍력 및 태양광발전소의 건설도 많이 이루어지고 있으나 전체 발전에서 차지하는 양은 아직 미미한 실정이다. 또한, 발전원별로 볼 때에도 10만 kW 이상의 민간발전소는 포스코 파워, GS EPS 부곡, 광양복합화력 등 대부분 복합화력 발전소로 이루어져 있고 발전원에 있어서도 발전자회사에 비해서 단순한 형태로 구성되어 있음을 알 수 있다.

### III. 실증적 분석전략

#### 1. 데이터

발전소가 소유권에 따라서 발전운영의 효율성이 다르다는 것을 실증적으로 분석하기 위하여 본 연구는 두 가지 형태의 자료를 사용하였다.<sup>4)</sup> 첫 번째 자료는 “발전소” 단위

의 자료로서 열소비율(heat rate), 발전량(generation), 발전소의 나이(age), 시간트렌드(time) 등의 변수를 포함하고 있다.<sup>5)</sup> 또한, 이 자료에는 두 가지 형태의 더미변수를 포함하고 있으며, 이는 민간발전소를 표시하는 더미변수(private)와 한국전력 소유에서 민간회사로 이전된 회사를 나타내는 더미변수(transfer)이다. 한편, 투입요소함수를 추정할 때에 내생성(endogeneity)을 통제하기 위해서 예측수요량(forecast)과 발전소별 용량(capacity)을 사용하여 내생성의 문제를 제어하였다.<sup>6)</sup> 이러한 자료에 관한 요약통계는 <표 3>에 나타나 있다.

<표 3> 요약통계(발전소별 자료, 전체 자료)

| 구 분                  | 공기업 소유    |           | 민간기업 소유   |           | 소유권 변화    |         |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
|                      | 평균        | 표준편차      | 평균        | 표준편차      | 평균        | 표준편차    |
| Heat Rate (kcal/kWh) | 2,044     | 321.9     | 1907.9    | 335.4     | 2,317.6   | 37.25   |
| Generation (MWh)     | 4,749,999 | 3,867,319 | 2,492,421 | 1,172,522 | 1,518,692 | 176,304 |
| Age                  | 11.17     | 6.28      | 14.1      | 14.7      | 12.5      | 2.37    |
| Private              | -         | -         | 1         | 0         | -         | -       |
| Change               | -         | -         | -         | -         | 1         | 0       |
| Forecast (GWh)       | 287,874   | 28,139    | 293,116   | 27,960    | 285,931   | 29,341  |
| Capacity (MWh)       | 1,129,255 | 608,101   | 997,878   | 627,863   | 450,000   | 0       |

- 4) 한국전력거래소의 「2009년도 발전설비현황」에 따르면 발전사업자의 수는 한전소속 발전자회사(6개), 공공부문(25개), 건설 중인 발전사업자(4개), 민간발전사업자(270개)로 총 305개이다. 이 중 민간발전사업자들은 발전효율성이 높은 복합화력발전소를 선호하여 모두 복합화력발전소를 소유하고 있다. 이 중 데이터의 입수가 가능한 발전소는 GS 안양과 부천(민자발전소로 전환), GS EPS, 울촌, 광양 및 포스코 발전소이며, 자료는 한국전력통계에서 수집하였다. 한편, 한전 자회사 소속 복합화력 발전소는 10개가 있으며, 역시 한국전력통계의 자료를 사용하였다.
- 5) 열소비율(heat rate)이란 발전설비에서 단위전력(1kWh) 생산에 필요한 열량을 말하며, 설비의 효율성을 나타내는 하나의 척도이다.
- 6) 예측수요량은 한국전력거래소의 월별 및 연도별 총 예측 수요량 자료를 사용하였다. 그러나 이는 발전소의 차이를 설명하지 못하기 때문에 발전소별 용량을 도구변수에 추가하였다.

먼저, 평균 열소비율을 보면 소유권이 변화된 발전소가 가장 높고 그 다음이 공기업 소유의 발전소, 민간발전소의 순으로 나타나 있다. 발전량을 보면 민간발전소는 평균발전량이 공기업보다 낮으나 열소비율은 보다 낮은 것으로 나타나 있다. 마지막으로 발전소의 평균 나이는 민간발전소가 다소 높은 것으로 나타나 있다. 한편, 시설용량이 400MW 이하 저용량 발전소는 열소비율이 낮을 가능성이 높고, 이는 결과적으로 분석 결과에 편의를 일으킬 가능성이 있을 것이다. 따라서 <표 4>에서는 이를 배제한 자료의 요약통계를 나타내고 있다. <표 4>를 보면, 400MW 이하의 발전소는 공기업 소유의 발전소만 존재하고 나머지 자료는 영향을 받지 않고 있음을 볼 수 있다.

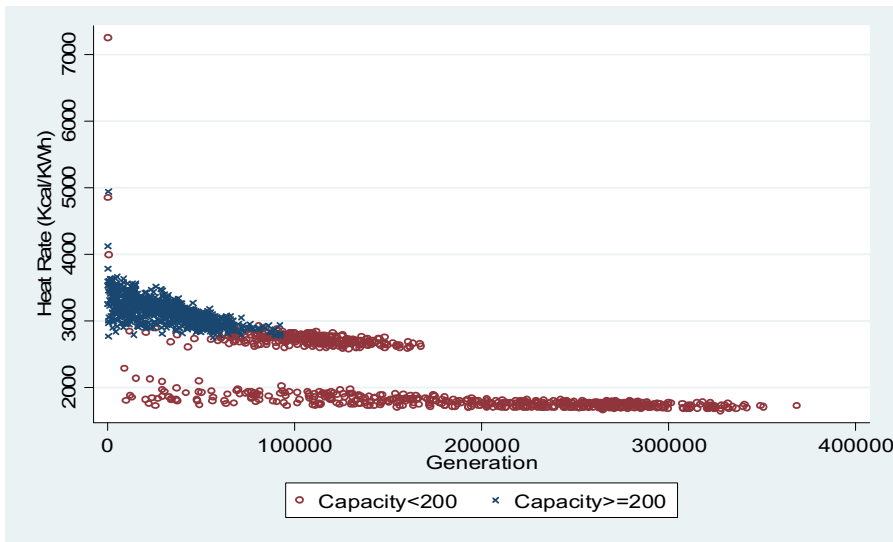
<표 4> 요약통계(발전소별 자료, 500MW 이상)

| 구 분                  | 공기업 소유    |           | 민간기업 소유   |           |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                      | 평균        | 표준편차      | 평균        | 표준편차      |
| Heat Rate (kcal/kWh) | 2044      | 321.9     | 1,907.9   | 335.4     |
| Generation (MWh)     | 4,749,999 | 3,867,319 | 2,492,421 | 1,172,522 |
| Age                  | 11.2      | 6.3       | 14.1      | 14.7      |
| Forecast (GWh)       | 287,874   | 28,139    | 293,116   | 27,960    |
| Capacity (MWh)       | 1,129,255 | 608,101   | 997,878   | 627,863   |

<표 5> 요약통계(발전기별 자료)

| 구 분                  | 공기업 소유 |        | 공기업 소유(200MW 이상) |        | 민간기업 소유 |        |
|----------------------|--------|--------|------------------|--------|---------|--------|
|                      | 평균     | 표준편차   | 평균               | 표준편차   | 평균      | 표준편차   |
| Heat Rate (kcal/kWh) | 2,661  | 676    | 2,142            | 530    | 1,685   | 424    |
| Generation (MWh)     | 96,546 | 93,667 | 173,224          | 85,392 | 143,256 | 80,073 |
| Age                  | 10.651 | 4.090  | 9.267            | 5.145  | 1.029   | 0.816  |
| Forecast (GWh)       | 31,808 | 0.280  | 31,808.3         | 0.280  | 31,808  | 2,333  |

<그림 2> 발전량과 열소비율과의 관계



그러나 발전소별 자료는 발전기별 자료를 합하여 사용하기 때문에 평균적인 열소비율의 변화를 올바르게 반영하지 못하여 분석결과에 편의를 일으킬 가능성이 존재한다. 이를 제어하기 위해서 본 연구에서는 입수가 가능한 2006년부터 2008년까지의 월별 발전기별 자료를 사용하여 공기업 소유 발전기 대비 민간 발전기의 연료사용의 효율성을 분석하였다. 통제그룹으로 설정한 민간발전소는 최근에 건설된 발전기 중에서 월별 열소비율 자료의 획득이 가능한 발전소를 선정하였다. <표 5>는 발전기별 자료의 요약통계를 나타낸다. <표 5>를 보면, 열소비율(heat rate)은 민간기업 소유의 발전기가 가장 낮고 평균 전력생산량도 가장 낮은 것을 볼 수 있다. 또한, 일반적으로 발전소의 열소비율은 발전기에 따라서 차이를 보인다. <그림 2>를 보면 발전기별 자료에서 200MW 이상 발전기와 이하 발전기의 열소비율은 차이가 있음을 알 수 있다.

## 2. 분석모형

생산성을 측정하기 위한 일반적인 분석방법은 가장 효율적인 투입물과 산출물의 조합을 나타내는 효율성 프런티어(frontier)를 추정하고, 이를 비교 대상의 투입물과 산출물

의 조합이 어느 위치에 있는지 비교하는 방법이다. 이는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 함수형태나 오차항에 대한 분포형태를 사전에 규정하지 않고 선형계획법에 의하여 비모수적인 방법(non-parametric method)으로 효율성 프런티어를 추정하는 DEA(data envelopment analysis) 방법이다. 그러나 이는 분석결과의 통계적인 유의성을 검증할 수 없는 문제점을 내포하고 있다. 이에 반해서 확률적 프런티어 분석(stochastic frontier analysis) 방법은 구체적인 함수 형태를 가정하고 모수(parameter)를 추정하여 효율성 프런티어를 추정하는 계량경제학적 분석기법으로 측정오차나 우연적인 요인들의 가능성을 반영하는 방법이다. 민간발전소와 발전자회사 소속 발전소의 발전운영의 효율성을 비교·분석하기 위해서 두 번째 방법은 적용이 가능할 것이다.

그러나 본 연구에서는 FRW(2006)와 Bushnell and Wolfram(2005)을 따라서 연료와 발전량이 단조증가의 관계에 있는 사실을 고려하여 연료사용량을 발전량에 대한 함수에 대한 회귀방정식으로 표현하고 이를 GMM을 사용하여 추정하였다. 구체적으로 발전회사의 실제 전력생산량은 자본과 노동 및 재료를 주어진 함수형태에 따라서 변화하고, 연료는 이와는 다른 함수형태에 따라서 변화하는 레온티에프 함수를 따른 것으로 가정하였다. 이는 발전회사가 전력을 생산함에 있어 자본과 노동 및 재료의 사용량을 증가시켜도 연료의 사용량이 증가하지 않으면 전력생산을 증가시킬 수 없는 특성을 고려하기 위한 가정이다. 이러한 가정하에서 발전회사의 생산가능 전력량은 아래와 같이 정의된다.

$$q_{it}^A = \min [g(F_{it}, \epsilon_{it}^F), q_{it}^P(K_i, L_{it}, M_{it}, \epsilon_{it}^P) \exp(\epsilon_{it}^A)] \quad (1)$$

여기서  $q_{it}^A$ 는 실제 산출량을 의미하고  $q_{it}^P$ 는 생산가능한 생산량을 의미한다.<sup>7)</sup> 그리고 투입요소  $F_{it}$ ,  $K_{it}$ ,  $L_{it}$ ,  $M_{it}$ 는 각각 연료, 자본, 노동, 재료를 나타내며, 함수  $g$ 는 연료와 생산량과의 함수를 나타내며,  $\epsilon_{it}^F$ ,  $\epsilon_{it}^P$ ,  $\epsilon_{it}^A$ 는 각각 연료함수, 생산가능한 생산함수, 실제 생산량과 생산 가능한 생산함수와의 차이를 나타내는 오차항을 의미한다.

발전소의 연료사용의 효율성이 발전소의 소유권에 따라서 차이가 있는지를 분석하기 위하여, 본 연구는 위의 레온티에프 생산함수 중에서 연료함수와 실제산출량과의 관

7) 실제생산량은 생산 가능한 생산량과 오차항의 함수로 정의된다.

계에 대해서 분석하고자 한다. 즉, 생산 가능한 전력량과 연료투입량과의 관계를 실증적으로 분석하기 위해서 전력량과 연료투입량의 관계가 콥-더글러스 생산함수(Cobb-Douglas production function)를 갖는 것으로 가정한다. 구체적으로 본 연구에서는 FRW (2006)와 Bushnell and Wolfram(2009)과 같이 연료와 발전량이 단조증가의 관계에 있는 사실을 고려하여 연료사용량을 발전량에 대한 함수에 대한 회귀방정식으로 표현한다. 즉,

$$F_{it} = f(Q_{it}, Age_{it}, \epsilon_{it}^F) \quad (2)$$

연료사용량은 열소비율로 측정이 가능하기 때문에, 본 연구에서는 연료사용량을 열소비율로 대체하여 사용한다. 또한, 설립연도와 열소비율은 일반적으로 2차함수의 관계에 있는 것으로 알려져 있기 때문에 이를 회귀방정식에 포함한다. 결과적으로 본 연구는 다음과 같은 회귀방정식을 추정한다.

$$\ln(\text{HeatRate}_{it}) = \text{Const}_1 + \beta_1 \ln(Q_{it}) + \beta_2 \ln Age_{it} + \beta_3 (\ln Age_{it})^2 + \epsilon_{it}^F \quad (3)$$

위의 방정식을 기본틀로 하여 본 연구에서는 발전소 단위의 자료와 발전기 단위의 자료를 사용하여 민간발전소가 공기업 소유발전소에 비해서 효율적으로 운영되었는지를 분석하고자 한다. 이를 위해 위의 식에 민간발전소를 나타내는 더미변수(Private)를 추가한다. 또한, 안양복합화력발전소와 부천복합화력발전소는 한국전력소유에서 민간발전소로 소유권이 이전되었기 때문에 이를 나타내는 더미변수(transfer)를 추가한다. 이는 소유권이 이전된 경우에는 공기업 소유의 발전소나 민간에 의해서 설립된 발전소에 비해서 열소비율이 차이가 날 가능성이 존재하기 때문에 이를 분석하기 위해 포함하였다. 마지막으로 시간의 추이에 따른 열소비율의 변화량을 제어하기 위해서 연도 더미변수를 추가하였다.<sup>8)</sup> 결과적으로 본 연구에서는 다음과 같은 회귀방정식을 추정한다.

8) 이상적으로 시간의 변화에 따른 충격을 제어하기 위해서는 연도별 고정효과를 사용할 수도 있을 것이다. 그러나 연도별 고정효과를 사용할 경우에는 대부분의 계수가 통계적으로 유의한 값을 나타내지 못하였다.

$$\ln(\text{HeatRate}_{it}) = \text{Const}_2 + \gamma_1 \ln(Q_{it}) + \gamma_2 \ln \text{Age}_{it} + \gamma_3 (\ln \text{Age}_{it})^2 + \gamma_4 \text{Private}_i + \gamma_5 \text{Change}_i + \delta \sum_{t=1}^7 \text{Year}_t + \epsilon_{it}^{(4)}$$

그러나 발전소별 자료는 샘플 수가 많지 않고 발전소가 소유하고 있는 발전기 내의 특징을 고려할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 이를 고려하여 추정의 견고성(robustness checks)의 일환으로, 발전기별 자료를 사용하여 민간발전소가 공기업 소유의 발전소에 비해서 효율적으로 운영되었는지를 분석하였다. 결과적으로 다음과 같은 회귀방정식을 추정한다.

$$\ln(\text{HeatRate}_{it}) = \text{Const}_3 + \zeta_1 \ln(Q_{it}) + \zeta_2 \ln \text{Age}_{it} + \zeta_3 (\ln \text{Age}_{it})^2 + \zeta_4 \text{Private}_i + \tau \sum_{j=1}^{11} \text{Month}_j + \eta \sum_{m=1}^2 \text{Year}_m + \xi_{it} \quad (5)$$

마지막으로 위의 식 (4)와 (5)를 추정함에 있어서 내생성의 문제가 존재할 가능성이 있다. 만약 발전소 운영자가 어떠한 외부의 충격(shocks)을 관찰한 후에 전력생산량을 결정할 수 있다면, 발전소 운영자는 대한 양의 충격(positive shocks)에 대해서는 산출량을 늘릴 것이고, 음의 충격(negative shocks)에는 산출량을 줄일 것이다. 즉, 생산성에 미치는 충격이 발전회사 운영자에게 생산량을 결정하기 전에 관찰되어서, 발전소 운영자가 전력 생산에 필요한 투입요소를 바꿀 수 있다면 위에서 제기한 내생성의 문제가 존재할 가능성이 있다. 사실 생산함수를 추정함에 있어서 내생성 문제는 Marschak and Andrews (1944)에 의해서 처음으로 제기되었다.<sup>9)</sup> 실제로 이러한 내생성의 문제를 해결하기 위해서 그동안 경제학자들은 다양한 방법을 사용하여 이를 해결하고자 하였다.<sup>10)</sup> 본 연구는 이러한 내생성의 문제를 해결하기 위해서 FRW(2006)가 사용한 도구변수를 사용하여 이를 교정하고자 하였다. 구체적으로 본 연구에서는 전력생산량과 밀접하게 연결되어 있

9) 이 두 경제학자는 내생성을 제어하기 위해서 오차항을 발전회사 경영자에게 충분히 일찍 지각되어 경영자가 투입요소를 변경할 수 있도록 하는 것과, 관찰되지 않은 충격이나 측정오차를 표시하는 오차항으로 구별하여 사용하였다. 이를 계량경제학적으로 보면 첫 번째 항은 회귀분석을 어렵게 만드는 요소인 반면에, 두 번째 항은 추정에 있어서의 측정오차를 나타내는 항을 의미한다.

10) 최근에는 생산함수 추정에 있어서 내생성을 제어하기 위해 고정효과를 사용하는 것과, Olley and Pakes(1996)의 방법 또는 Levinsohn and Petrin(2003)의 방법을 사용하기도 한다.

지만 생산함수에서의 충격(shocks)과의 상관관계는 상당히 작은 예측 전력수요량과 용량(capacity)을 도구변수로 사용하였다. 또한 본 연구는 잠재적인 시계열상관으로 인한 추정 편의문제를 해결하기 위하여 Newey-West(1987)의 조정된 표준오차를 사용하였고, 추정방법으로는 GMM을 사용하였다.

#### IV. 회귀분석 결과

민간발전소와 발전자회사 소속 발전소의 발전운영의 효율성을 분석한 결과는 <표 6>과 <표 7>에 나타나 있다. <표 6>은 발전소별 자료를 사용하여 민간발전소와 발전자회사 소속 발전소의 발전운영의 효율성을 분석한 결과를 나타낸다. 먼저 모형 1과 2는 각각 전체 샘플을 사용하여 위의 식 (4)를 각각 통상최소자승법과 GMM을 사용하여 추정한 결과를 나타낸다. 모형 1의 추정치를 보면  $\ln(Q)$ 의 추정치는 통계적으로 1% 수준에서 유의한 -0.072로 나타났다. 이는 발전용량이 커질수록 열소비율은 작아지는 것을 의미하며, 이는 경제학적으로 규모의 경제가 성립함을 시사한다. 발전소의 나이를 나타내는  $\ln(Age)$ 의 계수를 보면 통계적으로 10% 수준에서 유의한 0.080으로 나타났다. 이는 발전소의 나이와 열소비율은 역의 관계가 성립함을 의미한다. 그러나 발전소의 나이의 제곱항의 계수는 통계적으로 유의한 수준을 나타내지 못했다. 우리의 관심변수로서 민간발전소의 더미변수인 *Private*의 계수는 통계적으로 1% 수준에서 유의한 -0.062로 추정되었다. 이는 민간발전소가 공기업 소속 발전자회사 또는 민간으로 소유권이 이전된 발전소에 비해서, 발전운영의 가장 큰 부분을 차지하는 연료사용의 효율성이 높음을 시사한다. 반면, 민간발전소로 소유권이 이전된 변수를 나타내는 *Transfer*의 계수를 보면 민간으로 소유권이 이전된 안양이나 부천발전소는 공기업 소속 발전자회사 또는 민간발전소에 비해서 발전운영의 효율성이 낮은 것으로 추정되었다. 이러한 값은 아마도 소유권이 이전된 발전소의 발전용량이 다른 발전소에 비해서 작은 원인에 기인할 수도 있을 것이다. 마지막으로 일련의 연도변수의 계수의 추이를 살펴보면 발전소의 열소비율은 2004년까지는 등락을 보이다가 2004년 이후에는 하락세인 것으로 추정된다.

〈표 6〉 연료사용의 효율성 분석(발전소별 자료)

| 구 분                        | 모형 1                 | 모형 2                 | 모형 3                 | 모형 4                 |
|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Const</i>               | 8.473***<br>(0.115)  | 8.400***<br>(0.092)  | 8.438***<br>(0.141)  | 8.452***<br>(0.112)  |
| <i>ln(Q)</i>               | -0.072***<br>(0.007) | -0.067***<br>(0.005) | -0.073***<br>(0.008) | -0.074***<br>(0.005) |
| <i>ln(Age)</i>             | 0.080*<br>(0.048)    | 0.074<br>(0.052)     | 0.077<br>(0.058)     | 0.077<br>(0.060)     |
| <i>ln(Age)<sup>2</sup></i> | -0.007<br>(0.012)    | -0.006<br>(0.015)    | -0.0004<br>(0.015)   | -0.0005<br>(0.020)   |
| <i>Private</i>             | -0.062**<br>(0.027)  | -0.063***<br>(0.023) | -0.100***<br>(0.034) | -0.100***<br>(0.020) |
| <i>Transfer</i>            | 0.086***<br>(0.028)  | 0.088***<br>(0.015)  | -<br>-               | -<br>-               |
| <i>Year01</i>              | 0.112***<br>(0.040)  | 0.117**<br>(0.046)   | 0.157***<br>(0.049)  | 0.156**<br>(0.063)   |
| <i>Year02</i>              | 0.080**<br>(0.038)   | 0.082*<br>(0.043)    | 0.107**<br>(0.047)   | 0.107*<br>(0.056)    |
| <i>Year03</i>              | 0.069*<br>(0.038)    | 0.070*<br>(0.042)    | 0.092**<br>(0.046)   | 0.091*<br>(0.054)    |
| <i>Year04</i>              | 0.086**<br>(0.037)   | 0.088*<br>(0.045)    | 0.096**<br>(0.046)   | 0.096*<br>(0.055)    |
| <i>Year05</i>              | 0.075**<br>(0.037)   | 0.076*<br>(0.044)    | 0.095**<br>(0.045)   | 0.095<br>(0.058)     |
| <i>Year06</i>              | 0.059<br>(0.036)     | 0.059<br>(0.043)     | 0.078*<br>(0.045)    | 0.078<br>(0.057)     |
| <i>Year07</i>              | 0.063*<br>(0.036)    | 0.062<br>(0.044)     | 0.085*<br>(0.044)    | 0.085<br>(0.057)     |
| <i>Adj R-Square</i>        | 0.589                | 0.587                | 0.574                | 0.574                |
| 총 관찰치                      | 114                  | 114                  | 85                   | 85                   |

주: 1) 1년 시차의 Newey-West 표준편차를 사용함.  
 2) \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1%의 수준에서 유의함.

〈표 7〉 연료사용의 효율성 분석(발전기별 자료)

| 구 분                        | 모형 1                 | 모형 2                 | 모형 3                 | 모형 4                 |
|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Const</i>               | 8.556***<br>(0.075)  | 8.497***<br>(0.142)  | 8.439***<br>(0.228)  | 8.670***<br>(0.050)  |
| <i>ln(Q)</i>               | -0.040***<br>(0.001) | -0.036***<br>(0.009) | -0.071***<br>(0.019) | -0.090***<br>(0.003) |
| <i>ln(Age)</i>             | 0.053***<br>(0.020)  | 0.054***<br>(0.018)  | 0.032<br>(0.021)     | 0.029<br>(0.019)     |
| <i>ln(Age)<sup>2</sup></i> | -0.052***<br>(0.019) | -0.050***<br>(0.025) | -0.044**<br>(0.022)  | -0.044**<br>(0.019)  |
| <i>Private</i>             | -0.631***<br>(0.075) | -0.626***<br>(0.101) | -0.135**<br>(0.060)  | -0.140***<br>(0.039) |
| <i>Year07</i>              | 0.017**<br>(0.007)   | 0.015**<br>(0.008)   | 0.021***<br>(0.008)  | 0.026***<br>(0.008)  |
| <i>Year08</i>              | 0.034**<br>(0.014)   | 0.032**<br>(0.017)   | 0.043***<br>(0.015)  | 0.046***<br>(0.016)  |
| <i>February</i>            | -0.001<br>(0.006)    | -0.001<br>(0.004)    | -0.011**<br>(0.005)  | -0.013<br>(0.009)    |
| <i>March</i>               | 0.003<br>(0.006)     | 0.003<br>(0.004)     | -0.004<br>(0.006)    | 0.005<br>(0.009)     |
| <i>April</i>               | 0.002<br>(0.006)     | 0.004<br>(0.005)     | 0.002<br>(0.004)     | 0.001<br>(0.009)     |
| <i>May</i>                 | 0.009<br>(0.006)     | 0.011*<br>(0.007)    | 0.001<br>(0.006)     | -0.003<br>(0.009)    |
| <i>June</i>                | 0.018***<br>(0.006)  | 0.020**<br>(0.009)   | 0.005<br>(0.011)     | -0.003<br>(0.009)    |
| <i>July</i>                | 0.023***<br>(0.006)  | 0.025***<br>(0.006)  | 0.009<br>(0.006)     | 0.006<br>(0.009)     |
| <i>August</i>              | 0.028***<br>(0.006)  | 0.030***<br>(0.006)  | 0.007<br>(0.008)     | -0.00001<br>(0.009)  |
| <i>September</i>           | 0.008<br>(0.006)     | 0.011<br>(0.008)     | -0.002<br>(0.008)    | -0.007<br>(0.009)    |
| <i>October</i>             | 0.015**<br>(0.006)   | 0.017***<br>(0.006)  | 0.007<br>(0.007)     | 0.0004<br>(0.009)    |
| <i>November</i>            | 0.008<br>(0.006)     | 0.010<br>(0.009)     | 0.017<br>(0.013)     | 0.014*<br>(0.009)    |
| <i>December</i>            | 0.004<br>(0.006)     | 0.004<br>(0.004)     | 0.012***<br>(0.005)  | 0.011<br>(0.009)     |
| <i>Adj R-Square</i>        | 0.968                | 0.968                | 0.958                | 0.955                |
| 총 관찰치                      | 1,628                | 1,628                | 799                  | 799                  |

주: 1) 발전기별 고정효과는 모형에는 포함하였으나 보고하지 않음.

2) 3개월 시차의 Newey-West 표준편차를 사용함.

3) \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1%의 수준에서 유의함.

그러나 모형 1의 추정치는 계량경제학적으로 내생성의 문제가 존재하나 이를 제어하지 못한 결과이다. 따라서 이를 도구변수를 사용하여 제어하는 것은 중요할 것이다. 본 연구는 연도별 예측수요량과 발전소의 용량을 도구변수로 사용하여 잠재적인 내생성을 통제하였다. 모형 2는 도구변수를 사용한 결과를 나타낸다. 분석결과를 보면, 대부분의 값이 OLS의 추정결과와 매우 유사함을 볼 수 있다. 특히, 우리의 관심변수인 민간발전소와 소유권 변화 발전소의 추정치를 보면 OLS의 추정치와 통계적으로 다르지 않은 것으로 분석되었다.

일반적으로 발전소의 효율성은 발전소의 용량과 연결되어 있다. 즉, 발전자회사 소속 발전소는 용량이 작은 발전소(가령, 한림발전소) 등이 분석자료에 포함되어 있다. 따라서 용량이 유사한 발전소간의 비교를 위해서 모형 3과 모형 4는 용량이 500MW 이상의 발전소만을 분석하였다.<sup>11)</sup> 먼저 모형 3은 OLS를 사용하여 추정하였으며, 관심변수인 *Private*의 계수는 통계적으로 1% 수준에서 유의한 -0.100으로 나타났다. 한편, 민간발전소로 소유권이 이전된 변수를 나타내는 *Transfer*는 용량이 작기 때문에 분석에서 제외되었다. 한편, 잠재적인 내생성의 문제를 제외한 분석결과는 모형 3과 매우 유사하였으며, 특히 본 연구의 관심변수인 *Private*의 계수는 통계적으로 1% 수준에서 유의한 -0.100으로 나타났으며, 이는 모형 3의 추정치와 통계적으로 다르지 않았다.

한편, 발전기별 자료를 사용하여 추정한 결과는 <표 7>에 나타나 있다. <표 7>을 보면, 모형 1과 2는 각각 식 (5)를 OLS와 GMM을 사용하여 추정한 결과를 나타낸다. 모형 1에서 발전량의 계수인  $\ln(Q)$ 의 계수는 통계적으로 1%의 수준에서 -0.040의 값으로 나타났다. 발전소의 설립연도를 나타내는  $\ln(Age)$ 의 계수는 통계적으로 1% 수준에서 유의한 0.053으로 나타났다. 또한, 이 변수의 이차항은 통계적으로 1% 수준에서 유의한 -0.052로 나타나 약 3년을 지난 이후에 발전소의 나이와 열소비율은 역의 관계가 성립하는 것으로 분석되었다. 연도별과 월별 고정효과를 보면 흥미로운 점을 발견할 수 있다. 먼저 연도별 더미변수의 계수인 *Year07*과 *Year08*의 값은 각각 통계적으로 5% 수준에서 유의한 0.017과 0.034로 추정되었다. 이는 2006년에 비해서 2007년과 2008년도에 열소비율이 각각 1.7%와 3.4% 증가하여 발전운영의 비효율성이 커진 것으로 분석

11) 그러나 이는 표본자료의 범위가 작으면 추정량의 분산이 커지는 문제를 간과하고 있음에 유의할 필요가 있으나, 이러한 분석은 발전용량이 유의한 발전소를 비교 분석한다는 점에서 의미가 있을 수 있다.

되었다. 이러한 분석결과는 앞의 <표 6>의 결과와 배치된다. 아마도 이는 분석자료에서 대부분의 민간발전소가 배제된 결과인 것으로 판단된다. 즉, 천연가스 가격이 2006년도 이후 크게 상승함에 따라서 발전자회사 소속의 발전소가 이의 영향을 크게 받은 것으로 판단된다. 또한, 월별 더미변수의 계수는 여름을 나타내는 변수들인 6~8월의 계수값의 추정치가 다른 달에 비해서 높은 값을 나타내었다. 이는 여름철에는 전력수요가 높지만 수력발전 등의 대체발전이 가능하기 때문에 천연가스에 의한 발전량이 많지 않기 때문으로 분석된다.

한편, 우리의 관심변수인 민간 발전기를 나타내는 *Private*의 계수를 보면 민간 발전기는 발전자회사 소속 발전기에 비해서 63.1%나 낮은 열소비율을 가진 것으로 추정되었고, 이는 통계적으로 1% 수준에서 유의하였다. 이러한 값은 내생성의 문제를 제어한 후에도 크게 다르지 않은 것으로 나타났다. 이러한 추정치는 일반적으로 인식되는 것보다 매우 높은 값을 나타낸다. 이는 본 연구에서 선택한 대표적인 발전기가 공기업 소속 발전소에 비해서 효율성이 매우 높기 때문으로 분석된다. 그러나 이러한 결과는 민간발전소와 발전자회사 소속 발전소 간에 용량의 차이에 기인할 가능성이 높을 것이다.

따라서 본 연구에서는 용량이 200MW 이하인 발전소를 샘플에서 제거한 이후에 식 (5)를 다시 추정하였다. 모형 3과 4는 각각 OLS와 GMM을 사용하여 추정한 결과를 나타낸다. 추정결과를 보면 전체 샘플을 추정한 값과 비교할 때에 발전소 설립연도의 결과가 통계적인 유의수준에서 차이를 보임을 볼 수 있다. 또한 용량이 작은 발전소를 제거한 결과는 열소비율의 월별 변화값이 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못하였다. 우리의 관심변수인 민간발전소의 더미변수를 나타내는 *Private*의 계수는 통계적으로 1% 수준에서 유의한 -0.135로 나타났다. 또한, 도구변수를 사용한 결과에 의하면 *Private*의 계수는 통계적으로 1% 수준에서 유의한 -0.140으로 나타났다. 이러한 발전 용량이 유사한 발전기를 비교한 분석결과는 민간발전소가 발전자회사 소속발전소에 비해서 연료사용의 효율성이 약 14% 정도 뛰어남을 시사한다.

## V. 결론 및 정책적 시사점

본 연구에서는 두 가지 형태의 패널자료를 사용하여, 발전분할 이후에 민간발전소가 공기업 소유 발전소에 비해서 연료사용의 효율성이 높았는지를 다양한 통계적 분석방법을 사용하여 분석하였다. 이를 위해 본 연구에서는 먼저 연료투입요소함수를 사용하여 2001년 이후의 연도별 발전소 자료를 추정하였다. 연도별 발전소의 자료를 투입요소함수를 사용하여 내생성의 문제를 통제한 이후의 추정결과에 의하면, 민간발전소는 발전용량에 따라서 발전자회사 소속 발전소에 비해서 연료를 6.3~10% 효율적으로 사용한 것으로 분석되었다. 그러나 발전소의 소유권이 변화된 두 개의 발전소는 오히려 연료사용의 효율성이 낮은 것으로 분석되었다. 이는 발전용량이 평균적으로 민간발전소에 비해서 작기 때문일 수도 있으나, 아마도 이보다는 발전소가 최적규모에서 가동되지 않은 시기가 상대적으로 많았음을 의미한다. 또한 발전기별 월별자료를 사용한 결과에 의하면, 민간발전회사는 유사한 규모의 발전기에 비해서 발전연료를 약 14% 효율적으로 사용한 것으로 분석되었다.

이러한 연구결과는 민간발전회사가 발전자회사에 비해서 연료를 효율적으로 사용하고 있음을 시사한다. 비록 민간발전소는 용량 철회를 통한 시장지배력 행사의 유인도가 지고 있으나, 본 연구의 분석결과에 의하면 민간발전소에서는 이러한 유인보다는 발전소를 보다 최적의 규모에서 운영하여 발전운영의 효율성이 높은 것으로 분석되었다. 이는 발전자회사 분할 이후 현재까지 전력시장에서 민간발전소의 역할이 중요하였음을 시사한다. 그러나 민간발전소는 본질적으로 기업의 이윤극대화의 유인이 강하기 때문에 정부에서는 이에 대한 효과적인 시장 감시체계에도 보다 많은 관심을 기울여야 할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 김대욱, 「경쟁이 효율성을 증가시키는가?」, 『자원·환경경제연구』 Vol.17(1), 2008, pp.23-49.
- 김대욱·김종호·하봉찬, “Restructuring and Efficiency,” 『법경제연구』 제5권 1호, 2008, pp.129-140.
- 이유수·박창수, 「전력산업의 생산성 국제비교: 기업 자료를 중심으로」, 『에너지경제연구』 제6권 1호, 2007, pp.1-26.
- 한국전력공사, 『한국전력통계』, 각 연도.
- Borenstein, Severin, James B. Bushnell and Frank Wolak, “Measuring Market Inefficiencies in California’s Restructured Wholesale Electricity Market,” *American Economic Review* Vol.92, 2002, pp.1376-1405.
- Bushnell, James and Catherine Wolfram, “Ownership Change, Incentives and Plant Efficiency: The Divestiture of U.S. Electric Generation Plants,” CSEM-140, University of California Energy Institute, 2005.
- Fabrizio, Kira, Nancy Rose and Catherine Wolfram, “Does Competition Reduce Costs?: Assessing the Impact of Regulatory Restructuring on U.S. Electric Generation Efficiency,” *American Economic Review* Vol.97, 2007, pp.1250-1277.
- Joskow, Paul, “Inflation and Environmental Concern: Structural Change in the Process of Utility Price Regulation,” *Journal of Law and Economics* Vol.17, 1974, pp.291-327.
- Knittel, R. Christopher, “Alternative Regulatory Methods and Firm Efficiency: Stochastic Frontier Evidence from the U.S. Electricity Industry,” *Review of Economics and Statistics* Vol.84(3), 2002, pp.530-540.
- Levinsohn, J. and A. Petrin, “Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables,” *Review of Economic Studies* Vol.70, 2002, pp.317-342.
- Marschak, Jacob and J. Andrews, “Random Simultaneous Equations and the Theory of

- Production,” *Econometrica* Vol.12, 1944, pp.143-205.
- Newey, Whitney and Kenneth West, “A Simple Positive Semi-Definite, Heteroscedastic and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix,” *Econometrica* Vol 55, 1987, pp.703-708.
- Puller, Steve, “Pricing and Firm Conduct in California’s Deregulated Electricity Market,” *Review of Economics and Statistics* 89(1), 2007, pp.75-87.
- Taylor, Lester, “The Demand for Electricity: A Survey,” *The Bell Journal of Economics*, Vol.6(1), 1975, pp.74-110.
- Zhang, Fan, “Does Electricity Restructuring Work? Evidence from the U.S. Nuclear Energy Industry,” *Journal of Industrial Economics* Vol.55(3), 2007, pp.397-418.

## Ownership and Efficiency : Evidence from the Korean Electricity Market

Kim, Dae-Wook, Lee, Yoo-Soo

In theory, private power plants have incentives to withhold outputs to exercise market power. On the other hand, they also have incentives to operate power plants efficiently to minimize operation costs. Therefore, the ultimate answer for this question is an empirical subject. Using two types of unbalanced panel data, we estimate input demand function to examine whether private power plants used fuels efficiently relative to a set of plants that remained under government control or experienced recent ownership changes. Our estimation results suggest that private power plants used fuels efficiently about 6.3% ~10% relative to a set of other power plants. In addition, private power units operated about 14% efficiently compared to public power plants.

Key words: ownership, electricity, efficiency

JEL classification: L1, L4, L5