

탈석유화와 전기화의 관계 분석

최효연* · 김선영** · 유승훈***†

*고려대학교 경제학과, **서강대학교 경제학과, ***서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과
(2014년 3월 6일 접수, 2014년 5월 27일 수정, 2014년 5월 30일 채택)

Relationship between declining oil use and electrification

Hyo-Yeon Choi*, Sun-Young Kim**, and Seung-Hoon Yoo***†

*Department of Economics, Korea University

**Department of Economics, Sogang University

***Department of Energy Policy, Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science & Technology

(Received 6 March 2014, Revised 27 May 2014, Accepted 30 May 2014)

요약

1970년대 오일쇼크 이후 많은 국가들이 석유에 대한 에너지 의존도를 줄이는 정책을 펼쳤다. 특히, 한국은 빠른 속도의 탈석유화가 일어났으며, 이러한 탈석유화는 급속한 전기화로 이어져 전력수요 급증의 한 요인이 되었다. 본 연구에서는 OECD 34개국을 대상으로 한 1985년부터 2011년까지의 패널자료를 이용하여 탈석유화와 전기화의 관계를 분석함으로써 최근 벌어지고 있는 전력수급난에 대한 정책적 시사점을 제공하고자 한다. 패널분석을 위해 확률효과모형 및 고정효과모형을 적용하였다. 분석결과 총에너지 소비에서 에너지유 소비 비중(탈석유화 척도)이 10%p 증가하면 전력 소비량이 약 15% 감소하는 것으로 나타났다. 특히 산업용 전력소비가 전체 전력소비에서 차지하는 비중을 국제 비교해보면 우리나라의 경우 OECD 34개 중 4위(2011년 기준)로 나타나는 등 주로 산업부문에서 석유에서 전력으로의 급격한 수요 전환이 현재의 전력수급 위기의 주요 원인 중 하나라는 점을 알 수 있다.

주요어 : 탈석유화, 전기화, 패널자료분석

Abstract - After the oil crisis in 1970s, many countries have tried to reduce oil dependency. Especially, in Korea, rapid declining oil consumption has speedily brought to electrification and a surge in electricity demand. This paper attempts to estimate the relationship between declining oil use and electrification in Korea using OECD panel data covering from 1985 to 2011. To this end, random effect model and fixed effect model are employed. The increase in the ratio of energy oil to total energy consumption by 10%p leads to reduce the electricity demand by about 15%. This result can be useful information to cope with the recent crisis of electric power. In addition, industrial sector is ranked in forth the ratio of industrial electricity use to total electricity use according to the result of comparative analysis of electricity consumption by use in OECD countries. Therefore, industrial sector should be treated as the main target of demand-side management policies for electricity.

Key words : reduction of energy oil use, electrification, panel data analysis

†To whom corresponding should be addressed.
Department of Energy Policy, Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science & Technology
Tel : 02-970-6802 E-mail : shyoo@seoultech.ac.kr

1. 서 론

한국은 1970년대 두 차례의 오일쇼크를 경험하면서 석유의존도를 줄이기 위해 에너지 소비에서 석유

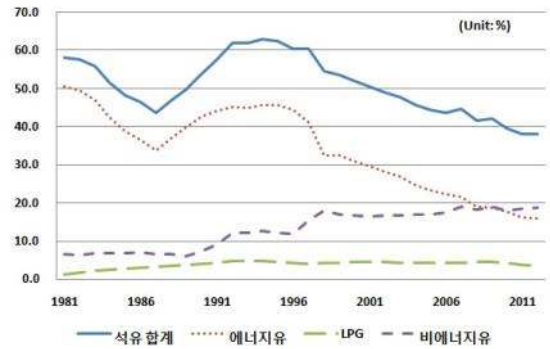
비중을 축소하고 에너지원의 다변화를 꾀하기 위하여 노력해 왔다. 한편 경제성장과 함께 전력소비가 증가하였는데(Oh and Lee, 2004; Yoo, 2005), 특히 산업부분의 전력소비가 많이 증가하였다. 이러한 전력수요의 급증으로 인하여 2011년에는 전력공급에 문제가 발생하여 정부는 순환단전을 실시하기도 했다. 또한 계속되는 전력수급위기에 대응하여 전력수요관리 측면에서 주택, 학교, 공공기관 등에 전기소비를 줄이도록 유도하는 정책을 펼치고 있으나 전력수급의 불안정성은 지속되고 있는 현황이다. 이처럼 전력수급의 안정성은 국가에너지안보에 있어 가장 중요한 이슈가 되고 있다.

오일쇼크 이후에 1차 에너지의 석유 의존도를 줄이고 최종에너지 소비에서 전력 소비 비중이 증가하는 전기화(electrification)현상이 일어나며, 탈석유화는 전력수요 증가에 일조하였다. Fig 1을 살펴보면, 한국의 1차 에너지 소비에서 석유 소비가 차지하는 비중의 변화추이는 1994년(62.93%) 이후로 지속적으로 감소 추세를 보여 2012년에는 38.1%로 탈석유화가 가속화되고 있다. 특히 비에너지유의 증가 추세를 감안하여 살펴보면, 에너지유의 1차 에너지 소비비중의 감소 추세는 1995년 45.8%에서 2012년 15.9%로 더욱 뚜렷하게 나타나고 있다.(국가에너지통계종합정보시스템, 2014).

OECD(경제협력개발기구, Organization for Economic Cooperaton and Development) 34개국 자료를 이용하여 총에너지 소비에서 에너지유가 차지하는 비중을 비교해 보면 한국은 2011년 기준 26.3%로 OECD 34개 국가 중 29위이다. 따라서 한국은 대표적인 탈석유경제 국가라고 할 수 있다. OECD 34개 국가의 2000년 대비 2011년을 기준으로 탈석유화 속도를 비교해 보면 한국의 총에너지소비에서 에너지유가 차지하는 비중의 연평균 증가율이 -4.4%로 탈석유화 속도가 OECD 국가 내에서 2위이다(IEA, 2002; IEA, 2013).

반면에 2000년 대비 2011년을 기준으로 한 국가의 전력 소비 비중변화를 살펴보면 한국의 전기화 속도는 OECD 34개 국가 중 2위이다(IEA, Energy Balances data). 전기화 속도 1위의 아이슬란드는 지열을 중심으로 한 전력 자원이 매우 풍부하여 다른 국가들과는 여건이 크게 다른 점을 감안할 때, 한국의 전기화 속도는 실질적으로 세계 최고 수준이다.

이와 같이 한국은 빠른 속도의 탈석유화와 전기화



Source: www.kesis.net

Fig. 1. Trend of the percentage of oil use to total energy consumption in Korea

를 겪고 있는데, 본 연구에서는 이러한 탈석유화와 전기화의 관계를 분석해 보고, 더 나아가 국제비교분석을 통하여 어느 부문에서 전기소비가 증가하였는지 분석해 본 후 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

본 논문의 이후 부분은 다음과 같이 구성된다. 제2절에서는 석유소비와 전기소비에 관한 선행연구 사례를 분석한다. 제3절에서는 탈석유화의 척도인 에너지유 소비비중과 전력소비관계에 대한 추정모형의 연구방법론에 대하여 설명한다. 제4절에서는 본 연구의 추정모형을 적용한 분석결과와 산업용 및 주택용 전력소비 구조를 비교한 결과를 제시한다. 그리고 마지막 제5절에서는 연구 결과를 요약하고 시사점을 도출한다.

2. 선행연구 분석

전력소비에 영향을 주는 요인들에 대한 선행연구 사례를 살펴보면, 전력소비와 경제성장 간의 인과관계를 시계열 자료를 활용하여 추정한 연구들과(Shiu and Lam, 2004; Yoo, 2005, 2006; Wolde-Rafael, 2006), 횡단면자료나 시계열자료를 활용하여 전력수요함수 또는 전력가격탄력성을 추정하는 등에 대한 연구(Filippini, 2004; Resis and White, 2005; 임슬예 외, 2013)가 주를 이루었다. 이 연구들은 주로 경제성장과 관련하여 전력공급 인프라에 대한 정책적 논의나 전력수요에 전력가격이 얼마나 영향을 주는지에 대하여 논의를 하고 있다. 저자들이 확인한 바로는 탈석유화와 전기화의 직접적인 관계를 연구한 사례는 없었다.

다만, 김영덕과 박민수(2013)의 연구에서는 석유제

품소비와 전력소비에 대한 소비행태변화를 각 에너지 가격규제의 차이에서 기인한다고 보고, 각각의 수요에 대한 가격탄력성을 분석하여 그 결과를 비교하였다. 휘발유나 경유와 같은 석유제품에 대한 가격은 1990년대 후반 이후 시장가격으로 전환되어 석유제품 소비는 가격에 대해 탄력적으로 반응하고 있다. 반면에 전력가격은 계속하여 규제를 하고 있어서 전력수요는 가격에 대해 비탄력적으로 반응하고 있다. 이러한 가격규제차이에서 석유제품에 대한 소비감소와 전력소비 증가가 기인하였다고 보고 있다.

전력소비와 석유제품소비의 행태차이에 대한 궁극적인 원인은 가격규제차이에 있으나 이러한 가격규제차이의 원인은 오일쇼크로 인한 탈석유화 정책에 있다. 따라서 탈석유화가 전력소비 급증에 어떠한 영향을 미쳤는지에 대하여 분석해 볼 필요가 있다. 또한 그 영향이 상당하다면, 1차 에너지원인 에너지유를 적절히 활용하도록 유도하는 정책은 현재 한국이 겪고 있는 전력위기에 대한 하나의 대응책이 될 수 있다.

또한 한국의 에너지 소비구조 국제비교를 통해, 어떠한 부문이 한국의 전력수요를 늘리는 주요원인인지 진단하여 적절한 전력수요관리 정책 대상을 확인할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 탈석유화와 전기화의 관계를 분석해보고 한국과 다른 나라들의 에너지 소비구조를 비교분석하여 어떠한 부문이 주요 전력소비원인지 살펴보도록 한다.

3. 추정모형

3-1. 자료

OECD 34개 국가의 1985년도부터 2011년까지의

패널 자료를 사용하였으며, 분석에 사용된 변수들에 대한 정의 및 기초통계량은 Table 1에 제시되어 있다. 분석에는 OECD iLibrary Statistic¹⁾에서 제공하는 데이터베이스자료를 활용하였다. 이 사이트는 다양한 주제의 자료를 제공하고 있으며, 특히 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)의 간행물 자료를 모아 에너지관련 데이터베이스자료를 제공하고 있다. 1인당 전력소비량(EPC)은 IEA의 Electricity Information Statistics자료에서 제시하고 있는 전력소비량과 인구자료를 활용하여 구하였다(OECD iLibrary Statistic). 탈석유화의 척도로는 에너지유 소비가 석유 소비에서 차지하는 비중(EOIL1)과 에너지유 소비가 총에너지 소비에서 차지하는 비중(EOIL2) 두 가지 변수를 선정하였다. 두 변수는 IEA의 World Energy Statistics and Balances자료를 사용하여 구하였다(OECD iLibrary Statistic). 1985년에서 2011년까지의 OECD 국가의 평균 1인당 7,466.1kW의 전력을 사용하였고, 석유 소비에서 에너지유가 차지하는 평균 비중은 84.8%이고 총에너지 소비에서 에너지유가 차지하는 평균 비중은 40.9%였다.

3-2. 추정모형

본 연구에서는 탈석유화와 전기화의 관계, 즉 에너지유 소비비중(탈석유화의 척도)이 1인당 전기소비(전기화의 척도)에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 대표적인 패널 자료 분석방법인 확률효과모형(REM, random effect model)과 고정효과모형(FEM, fixed effect)을 사용하였다(Wooldridge, 2012). 탈석유화와 전기화의 관계를 분석하기 위하여 다음과 같은 모델을 설정하였다.

Table 1. Definitions and sample statistics of the variables for OECD countries

Variables	Definitions	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
<i>EPC</i>	Annual electricity consumption per capita (unit: kWh)	7,466.1	5,925.8	592.1	50,631.1
<i>EOIL1</i>	The percentage of energy oil consumption to total oil consumption	84.8	9.5	49.2	99.8
<i>EOIL2</i>	The percentage of energy oil consumption to total energy consumption	40.9	12.2	12.2	66.7

Source: IEA Electricity Information Statistics, IEA World Energy Statistics and Balances. Available at <http://www.oecd-ilibrary.org/statistics>.

1) www.oecd-ilibrary.org/statistics

Table 2. Empirical results for the estimation of the effect of declining oil energy use on electricity consumption per capita

Variables	Equation (1)		Equation (2)	
	Random Effect Model	Fixed Effect Model	Random Effect Model	Fixed Effect Model
Constant	26,468.1* (15.50)	26,762.4* (18.90)	11,291.5* (9.06)	11,365.6* (13.77)
<i>EOIL1</i>	-235.5* (-15.20)	-238.8* (-15.23)	-	-
<i>EOIL2</i>	-	-	-129.4* (-7.60)	-130.4* (-7.47)
Hausman Test Statistic (<i>p</i> -value)	2.71 (0.26)		0.61 (0.74)	

Notes: * indicate statistical significance at the 1% level. The values in parentheses below the estimates are *t*-values.

$$EPC_{it} = \beta_0 + \beta_1 EOIL1_{it} + \theta_t + u_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

$$EPC_{it} = \beta_0 + \beta_1 EOIL2_{it} + \theta_t + u_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

식 (1)은 “에너지유 소비가 석유 소비에서 차지하는 비중(*EOIL1*)이 증가하면 1인당 전력소비량(*EPC*)을 낮출 수 있다”는 가설을 검증하고자 설정하였다. 식 (2)는 “에너지유 소비가 총에너지 소비에서 차지하는 비중(*EOIL2*)이 증가하면 1인당 전력소비량(*EPC*)을 낮출 수 있다”는 가설을 검증하기 위하여 설정하였다. θ_t 는 각 OECD 국가에 영향을 미칠 수 있는 시간특성효과(time effect)를 통제하기 위한 항이다. u_i 는 시간에 따라 변하지 않는 오차항으로 각 OECD 국가가 가지고 있을 수 있는 관찰되지 않는 국가별 특성이며, ϵ_{it} 는 일반적인 오차항이다.

REM은 설명변수와 u_i 와의 상관관계가 없다고 가정했을 때, 더 효율적인 추정량을 추정하는 모형이며, FEM은 $COR(EOIL_{it}, u_i) = 0$ 이 성립하지 않더라도 일치추정량(consistent estimator)을 갖지만 추정량의 분산은 더 큰 모형이다. 일반적으로 두 모형 중 최적모형은 $COR(EOIL_{it}, u_i) = 0$ 이라는 귀무가설에 대하여 Hausman-검정을 실시하여 판단한다 (Wooldridge, 2012).

4. 분석결과

4.1. 패널모형 추정 결과

본 연구에서 주요하게 살펴보고자 하는 에너지유

소비 비중이 1인당 전기소비에 미치는 영향에 대하여 선형패널모형을 분석한 결과는 Table 2에 제시되어 있다. 식 (1) 및 식 (2) 모든 경우에서 Hausman-검정 결과 *p*-값이 0.1보다 크게 나와 유의수준 10% 하에서 귀무가설인 $COR(EOIL_{it}, u_i) = 0$ 을 기각할 수가 없다. 따라서 귀무가설이 성립한다고 보고 더 효율적인 추정모형인 REM을 가지고 추정결과를 해석하고자 한다.

먼저 첫 번째 연구가설인 “에너지유 소비가 석유 소비에서 차지하는 비중(*EOIL1*)이 증가하면 1인당 전력소비량(*EPC*)을 낮출 수 있다”에 해당하는 추정식 (1)의 결과를 살펴보면, OECD 34개 국가를 대상으로 한 1985년부터 2011년까지의 패널 자료를 사용하여 분석한 결과, *EOIL1* 항의 계수는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하며 음수 값을 가지므로 첫 번째 가설은 성립한다. 에너지유 소비가 석유 소비에서 차지하는 비중이 1%p 증가하면 연간 1인당 전력소비량은 235.5kWh 만큼 감소한다. 이 양은 2011년 기준 1인당 OECD 국가 평균 전력소비량인 8,863.8kWh의 약 2.7%에 해당한다.

두 번째 연구가설인 “에너지유 소비가 총에너지 소비에서 차지하는 비중(*EOIL2*)이 증가하면 1인당 전력소비량(*EPC*)을 낮출 수 있다”에 해당하는 추정식 (2)의 결과를 살펴보면, *EOIL2* 항의 계수 역시 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하며 음수 값을 가지므로 두 번째 가설도 성립한다. 에너지유 소비가 총에너지 소비에서 차지하는 비중이 1%p 증가하면 연간 1인당 전력소비량은 129.4kWh만큼 감소한다. 이 양은 2011년 기준 1인당 OECD국가 평균 전력소비량 8,863.8kWh의 약 1.5%에 해당한다.

Table 3. Electricity consumption share by use (2011)

Countries	Industrial Use		Residential Use	
	Value	Rank	Value	Rank
Iceland	86.6%	1	5.4%	34
Korea	52.3%	4	13.1%	32
United States	23.7%	34	37.5%	1
OECD average	32.8%		31.6%	
OECD average except Korea	31.7%		32.6%	

Source: IEA, World Energy Statistics and Balances. Available at <http://www.oecd-ilibrary.org/statistics>.

4.2. 산업용 및 주택용 전력소비 구조 비교

전력수요 급증의 원인을 보다 구체적으로 살펴보기 위하여 OECD 34개 국가를 대상으로 전력소비의 용도별 비중을 비교해 본 결과, 전력소비에서 산업부문이 차지하는 비중은 한국이 4위로 상위권이다. 또한 한국의 산업부문이 전력소비에서 차지하는 비중은 OECD 국가 평균 비중인 32.8%보다도 약 20%p 정도 더 높은 비중을 보였다. 반면에 전력소비에서 주택부문이 차지하는 비중은 한국이 32위로 최하위권이며, OECD 국가 평균보다도 약 18%p가 낮은 것으로 나타났다. 즉 급격한 전력수요 증가로 인한 전력수급 불안정의 주된 책임은 주택부문이 아닌 산업부문에 있으므로 전력수요관리의 주된 대상은 산업부문에 에너지 가격 및 세제 개편의 주된 대상이 되어야 함을 확인할 수 있다.

5. 결론 및 시사점

한국은 급격히 증가한 전력수요로 인하여 불안정한 전력수급 상황을 겪고 있으며, 정부는 이에 대한 대응책으로 주택, 공공부문, 기업체 등을 대상으로 전력수요관리 정책을 펼치고 있다. 전력위기가 발생하게 된 배경을 살펴보면, 한국정부가 1970년대 두 차례에 걸친 오일쇼크를 겪은 이후에 에너지원을 다변화하고 석유에 대한 의존도를 줄이기 위한 정책을 펼치면서 경유, 휘발유, 중유 등 석유에 대해서는 가격 규제를 완화하고 중국에는 시장가격을 적용하였다. 반면에 전력, 가스 등의 에너지 가격에 대해서는 정부가 규제를 계속 하고 있다. 특히, 전기요금은 원가 이하로 규제하고 있어 여러 사업체 및 기관에서 타 에너지원 소비를 전력소비로 대체하는 상황이 되었다. 즉, 에너지 소비측면에서 탈석유화와 전기화가 급격히 진행되었고 이러한 현상이 최근의 전력수급위기

까지 이어지게 되었다.

이에 본 논문에서는 탈석유화와 전기화의 관계를 1985년부터 2011년까지 동안의 OECD 국가 패널자료를 이용하여 분석해보았다. 또한 용도별 전력소비 구조를 OECD 국가들과 비교하여 어느 부문이 주요 수요관리 대상이 되어야 하는지도 분석해보았다. 34개 OECD 국가 패널자료를 이용한 분석결과에 따르면, 총에너지 소비에서 에너지유 소비가 차지하는 비중을 10%p 늘리면 1인당 전력소비량을 약 15% 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 한국의 산업부문이 전력소비에서 차지하는 비중이 OECD 34개국 중 4위로 나타나 산업부문이 전력수요 급증의 주요 원인으로 나타났다. 산업부문의 전력수요가 급증한 원인으로서는 원가보다 낮은 전기요금과 탈석유화에 따른 타 에너지원의 소비감소를 그 원인으로 볼 수 있다.

종합해보면, 한국은 OECD 내 다른 국가에 비해 에너지유의 소비 비중이 작고 이를 전력이 대체하고 있어 불필요하게 더 많은 에너지를 소비하는 구조라 할 수 있다. 즉, 전력을 생산하기 위해서 1차 에너지 원인 에너지유가 투입되므로 1차 에너지원인 에너지유를 대체하여 전력을 소비하는 것은 비효율적인 에너지 소비구조를 야기한다. 또한 전력위기의 주된 책임은 주택부문이 아닌 산업부문에 있으므로 전력수요 관리의 주요 대상은 산업부문이다. 따라서 산업부문을 주요 대상으로 에너지 가격, 지원 및 세제 개편 정책을 시행하고 에너지유를 적절하게 활용하도록 하는 정책을 펼친다면 급증하는 전력수요를 효과적으로 줄일 수 있을 것이다.

본 연구는 탈석유화가 전력소비에 미치는 영향에 대하여 패널자료 분석을 하였는데, 추후 연구에서 전기요금, 에너지효율화 등과 같이 전력소비에 영향을 줄 수 있는 다른 요인들까지 고려하여 살펴본다면 정책적으로 좀 더 유용한 정보를 얻을 수 있을 것이다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

in the ASEAN countries, *Energy Policy*, 2006, 34, pp3573-3582

14. Yoo S.H. Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea, *Energy Policy*, 2005, 33, pp1627-1632

References

1. 국가에너지통계종합정보시스템. www.ksesis.net.
2. 김영덕, 박민수. 석유제품과 전력의 수요행태 변화에 대한 실증분석, *자원·환경경제연구*, 2013, 22(2), pp251-279.
3. 임슬예, 임경민, 유승훈. 횡단면 자료를 이용한 주택용 전력의 수요함수 추정, 2013, *에너지공학*, 22(1), pp1-7.
4. Filippini, M and Pachari. S, Elasticities of electricity demand in urban Indian households, *Energy Policy*, 2004, 32, pp429-436.
5. IEA, *Energy Balances of OECD countries 2002*, 2002.
6. IEA, *Energy Balances of OECD countries 2013*, 2013.
7. OECD iLibrary Statistic. www.oecd-ilibrary.org/statistics.
8. Oh, W.K and Lee, K.H. Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: the case of Korea 1970-1999, *Energy Economics*, 2004, 26, pp51-59.
9. Resis, P.C and White, M.W. Household electricity demand, revisited, *Review of Economic Studies*, 2005, 72, pp853-883.
10. Shiu, A. and Lam, P.L. Electricity consumption and economic growth in China, *Energy Policy*, 2004, 32, pp47-54.
11. Wolde-Rufael, Y. Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries, *Energy Policy*, 2006, 34, pp1106-1114.
12. Wooldridge, J. M. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 5th ed, Mason, OH: South-Western, 2012.
13. Yoo S.H. The causal relationship between electricity consumption and economic growth