

정책 이슈페이퍼 18-14

국내 에너지 소비 변화의 요인 분해 분석

김철현 · 강병욱

목 차

- I. 연구 배경 및 필요성 / 1
- II. 방법론 및 선행연구 / 3
- III. 최종 부문별 요인분해 / 6
- IV. 전환 부문 요인분해 / 17
- V. 결론 및 시사점 / 21
- 〈참고자료〉 / 24

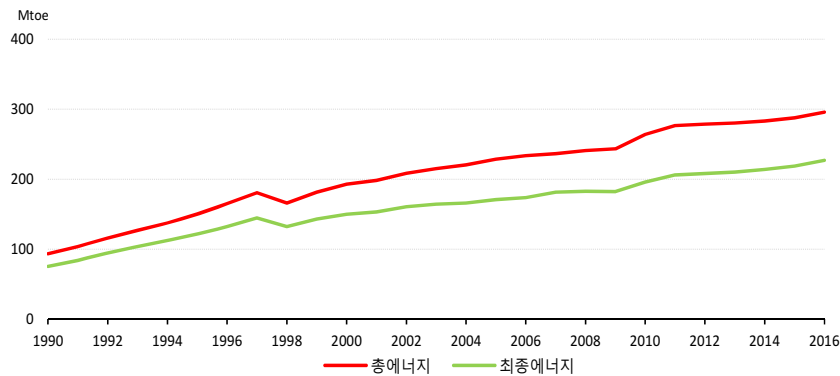
I. 연구 배경 및 필요성

□ 국내 총에너지 소비는 최근 5년간 1%대 초반 증가에 그쳤으며, 에너지원 간 소비 비중도 변화하는 등 구조적 변화 가능성이 대두됨

○ 특히, 과거 주요 에너지원 가운데 가장 빠른 증가세를 보였던 전력 소비가 2010년대 들어 증가 추세가 크게 둔화하며 에너지원 간 소비 비중에 변화가 발생함

- 총 및 최종 에너지 소비의 증가세가 과거 대비 크게 둔화되었을 뿐만 아니라, 과거 지속해서 증가해왔던 총과 최종에너지의 격차도 축소되기 시작함

[그림 4] 총(일차) 및 최종 에너지 소비 추이



자료: 에너지통계연보

<표 1> 총(일차) 및 최종 에너지의 기간별 연평균 증가율

	1990~1997	1998~2009	2011~2016
총(일차) 에너지	9.9%	3.5%	1.3%
최종 에너지	9.8%	3.0%	2.0%

자료: 에너지통계연보

□ **에너지 소비 둔화는 2010년대 들어 나타나고 있으나 기존의 요인 분석들은 2010년 이전, 그것도 주로 산업 부문의 에너지 소비 분석에 국한됨**

- 가정용 에너지 소비를 제외한 대부분의 부문별 에너지 소비가 2010년대 들어 과거 대비 증가세가 둔화함
 - 산업, 서비스업, 발전용 에너지, 전력 소비는 2010년대 들어 증가 추세가 둔화했으며, 수송 부문도 최근의 유가 급락 효과를 고려하면 비슷한 시기에 에너지 소비 증가세가 둔화한 것으로 판단됨
- 에너지효율(원단위), 산업구조 변화 등의 요인이 2010년 이후 에너지 수요 둔화에 얼마나 영향을 미쳤는지에 대한 연구가 필요함
- 산업 부문뿐만 아니라, 전환, 건물, 수송 등 부문별 변화요인을 개별적으로 파악하여 국가 전체의 종합적인 에너지 소비 변동 요인을 분석한 연구는 전무함

□ **본 연구에서는 국가 에너지밸런스 전부문의 에너지 소비 요인 분해 분석을 통해 최근 에너지 소비 변화의 원인을 종합적으로 파악함**

- 최종에너지 부문별(산업, 서비스, 가정, 수송) 에너지 소비 변화의 요인 분해 분석을 실시함
- 주요 전환 부문(발전 투입 에너지 및 전력) 에너지 소비 변화의 요인 분해 분석을 실시함
- 부문별 에너지 소비 변화 요인이 2011년을 전후로 어떻게 변해왔는지를 분석하고 2010년대 들어서의 국가 에너지 수요 둔화의 요인을 분석함

II. 방법론 및 선행 연구

1. 방법론

□ 본 연구에서는 에너지 소비 요인 분해 분석을 위해 대표적인 디비지아 분석인 LMDI(Log mean divisia index) 방법을 사용함

- 에너지 소비 요인 분해 분석 방법은 크게 구조 분해 분석과 지수 분해 분석으로 나뉘고, 지수 분해 분석은 사용되는 지수와 가중치 부여 방식에 따라 다양한 방법들이 존재하나 최근 LMDI 방법이 가장 널리 사용됨
- 에너지 소비 요인 분해 분석에서는 일반적으로 아래와 같이 생산 효과(혹은 활동변수 효과, Activity effects), 구조 효과(Structure effects), 원단위 효과(Intensity effects)의 세 가지로 분해하는 방식이 사용됨

$$E = \sum_{i=1}^k e_i = \sum_{i=1}^k A \frac{a_i}{A} \frac{e_i}{a_i} = \sum_{i=1}^k A S_i I_i$$

E : 해당 부문의 전체 에너지 소비량

e_i : 세부 업종 i 의 에너지 소비량

A : 해당 부문의 활동변수

a_i : 세부 업종 i 의 활동변수

S_i : 해당 부문 전체 활동변수에서 세부 업종 i 가 차지하는 비중

I_i : 세부 업종 i 의 에너지 원단위

- 생산 효과는 해당 부문의 생산 활동 증가로 인한 에너지 소비 증가분을 나타내고, 구조 효과와 원단위 효과는 각각 하위 업종의 비중 변화와 각 업종의 집약도 변화가 에너지 소비 증감에 미치는 영향을 나타냄

- 본 연구에서의 산업과 서비스업의 요인 분해식은 위와 동일하며, 나머지 가정, 수송, 전환 부문의 분석은 부문별로 위의 구조식을 변형하여 분석함
 - 산업과 서비스업은 기존 연구에서 대표적으로 이용되는 3요인(생산, 구조, 원단위) 분해 분석함
 - 가정은 분석 이전에 기온 조정을 통해 기온 효과를 사전적으로 추출한 후, 디비지아 5요인(인당 에너지, 주택구성원수, 주택 보급률, 가구평균소득, 총 소득) 분해와 결합하여 종합적으로 분석함
 - 수송은 5요인(인구, 일인당 소득, 단위 소득당 수송 서비스, 구조, 원단위) 분해 분석함
 - 발전용 에너지는 4요인(발전효율, 에너지믹스, 자가소비 및 송배전 손실, 전력소비) 분해 분석함
 - 전력 소비는 4요인(전력화, 원단위, 구조, 생산)분해 분석함
- 본 연구에서 이용한 에너지 소비 데이터의 출처는 에너지밸런스이며, 생산 효과를 위한 활동변수는 산출액임
 - 에너지밸런스의 출처는 에너지경제연구원이며, 업종별 산출액 한국은행임
 - 부문에 따라 요인 분석을 위해 에너지총조사 및 통계청 자료 등을 추가적으로 이용함

2. 선행 연구

- 국내 에너지 소비의 요인 분해 분석은 주로 산업 부문에 국한되었고, 그것도 대부분 2011년 이전 자료를 분석대상으로 하고 있음
- 김진수(2015)는 우리나라 에너지 소비 요인 분해의 시발점인 신정식(1988)

이후 2015년까지의 에너지 분해 분석 연구를 정리하였는데, 총 21편의 연구 중 18편이 산업 부문, 혹은 산업 부문 내의 제조업을 대상으로 하고 있음

- 이 중 대부분의 연구가 2011년 이전 자료를 이용하여 분석을 시행하고 있으며, 2010년대의 에너지 소비 증가세 둔화를 인식한 연구는 없음
- 우리나라의 연구가 산업 부문에 집중되어 있는 첫 번째 이유는 산업 부문의 중요성 때문임
 - 산업 부문 에너지 소비는 최종 에너지 소비 중 가장 큰 비중을 차지하는 동시에 모든 부문 중 가장 빠르게 증가하며 우리나라 에너지 소비 증가를 주도해왔음
 - 2015년 기준으로 산업 부문 에너지 소비가 최종 에너지 소비에서 차지하는 비중은 62.5%에 달하며, 1990년에서 2015년까지 가정, 수송, 서비스 부문은 연평균 각각 0.7%, 4.3%, 4.0% 증가한 반면, 산업 부문은 같은 기간 연평균 5.5%로 가장 빠르게 증가함
- 국내의 에너지 소비 요인 분해 연구가 산업 부문에 국한된 두 번째 이유는 자료의 한계 때문임
 - 산업 부문의 경우, 분석에 필요한 세부 업종별 산출액(혹은 부가가치) 자료와 에너지 소비량 자료가 1980년대부터 잘 갖추어져 있지만, 타 부문의 경우는 그렇지 못함
- 산업 부문 외 다른 부문의 에너지 소비 요인 분해에 관한 연구는 가정 부문에 관한 박희천(2006), Park and Heo(2007)와 건물 부문에 관한 이성근·이성인(2008)에 불과함

- 본 연구는 2011년 이후의 에너지 소비 둔화 요인에 초점을 맞추고, 특정 부문이 아닌 국가 전체 에너지를 분석한다는 점에서 기존 연구와 차별화됨
- 선행 연구 중 2011년 이후의 에너지 소비 자료를 이용한 연구 자체가 드물고, 2011년 전후의 에너지 소비 추세 변화 분석에 초점을 맞춘 연구는 전무함
- 기존 연구는 산업 부문에 집중되었으나 본 연구에서는 산업, 수송, 가정, 상업·공공 그리고 전환 부문까지 모든 부문을 LMDI 방법론을 이용해서 분석하고 이를 종합해서 국가 전체의 에너지 소비 변화 요인을 밝힘
 - 특히, 국내 수송 부문과 전환 부문의 에너지 소비 요인 변화 분석은 본 연구에서 처음 시도되는 부분임

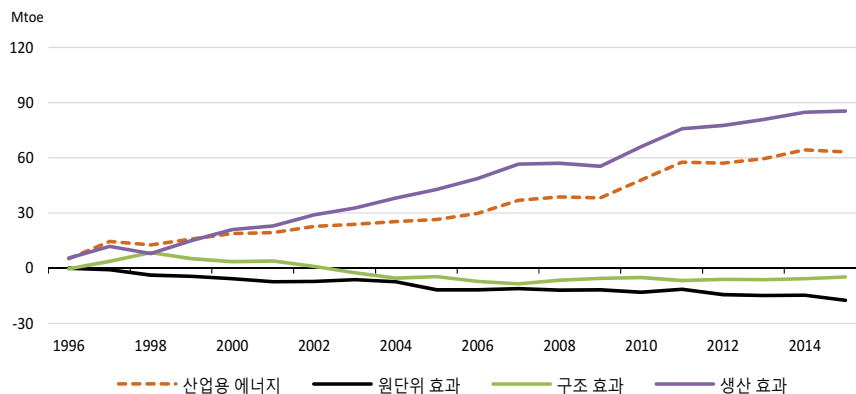
III. 최종 부문별 요인분해

1. 산업 부문 에너지 소비 요인분해

- 원료용이 전조하게 증가하며 산업용 에너지 소비가 증가했으나, 원단위 효과의 영향력이 크게 상승하며 증가세는 크게 둔화한 것으로 분석됨
- 농림어업, 광업, 건설업 및 제조업 총 11개 업종별 에너지원별 소비 데이터 이용하여 원단위, 구조, 생산 효과의 3요인으로 분해함
 - 제조업 하부 업종은 음식·담배, 섬유·의복, 목재·나무, 펄프·인쇄, 석유·화학, 비금속, 1차·비철금속, 조립금속 임

- 업종별 분해가 이뤄지지 않은 무연탄 소비의 일부와 신재생에너지는 분석에서 제외함
 - 산업용 에너지 요인분해 분석은 원료용을 포함했을 경우와 제외했을 경우로 나누어 분석함
- 산업용 에너지 소비 추세를 결정하는 가장 중요한 요인은 생산 효과로 나타났다는데, 석유화학 이외의 업종에서의 생산이 둔화하며 산업용 에너지 소비가 둔화된 것으로 나타남
- 특히, 1차·비철금속과 비금속, 조립금속의 산출액의 증가세는 2011년 이후 크게 둔화하며 에너지 소비 둔화를 이끌

[그림 5] 산업용 에너지 소비의 3 요인 분해



- 구조 효과는 석유화학과 조립금속의 비중 정체로 2007년경 이후 산업용 에너지 소비에 미친 영향이 거의 없어짐
- 구조 효과는 2007년경까지는 조립금속의 비중 상승에도 불구하고, 석유화학의 비중 하락으로 산업용 에너지 소비의 감소 요인으로 작용해옴
 - 하지만, 이후 석유화학과 조립금속의 비중이 모두 정체하며 구조 효과에 따른 산업용 에너지 소비 변화는 미미해짐

- 원단위 효과는 과거부터 산업용 에너지 소비의 감소 요인으로 작용했는데, 특히, 3대 에너지다소비업종(석유화학, 1차·비철금속, 조립금속) 외 업종에서의 원단위 하락이 주요인으로 나타남
 - 1차·비철금속의 원단위는 2011년경 이후로 하락하고 있으나 전체적으로는 비슷한 수준을 유지, 석유화학도 2000년대 이후 일정한 수준을 유지, 조립금속의 원단위도 2007년경까지 하락한 이후로 보합함
- 생산 효과가 2011년 이후의 산업용 에너지 소비 둔화에 가장 큰 역할을 했으나, 원단위 효과가 역할이 과거 대비 상승함
 - 산업용 에너지 소비에의 요인별 영향력은 과거 생산 > 구조 > 원단위 효과 순에서 2011년 이후 기간에는 생산 > 원단위 > 구조 효과 순으로 바뀜
 - 원단위 효과는 지속해서 에너지 소비의 둔화 요인으로 작용했는데 2011년 이후 상대적 영향력이 커짐
- 원료용을 제외한 요인분해 분석에서도 원료용을 포함했을 경우와 대동소이한 결론을 얻음
 - 원단위 효과의 영향력은 원료용을 제외했을 경우 더욱 커져, 2011년 이후 3개 요인 중 에너지 소비에 가장 큰 영향 미친 것으로 나타남
 - 산업용 에너지는 1998~2009년 연평균 2.8% 증가에서 2011~2015년에는 1.2% 증가로 증가세가 크게 둔화했는데, 원단위 효과로 인해 증가율이 1.3%p가량 하락한 것으로 분석됨
 - 원료용 에너지 소비를 디비지아 요인분해 분석 결과와 종합하면, 2010년대 들어 산업용 에너지 소비 증가를 견인한 것은 원료용 소비임

<표 2> 산업용 에너지 증가율의 요인별 기여율 및 기여도(종합)

		1998~2009	2011~2015
산업용 에너지 연평균 증가율		2.8%	1.2%
기여율	원단위 효과	-38.7%	-112.4%
	구조 효과	-11.1%	-1.2%
	생산 효과	80.3%	73.1%
	원료용 에너지 소비	69.5%	140.5%
기여도	원단위 효과	-1.1%p	-1.3%p
	구조 효과	-0.3%p	0.0%p
	생산 효과	2.3%p	0.9%p
	원료용 에너지 소비	2.0%p	1.6%p

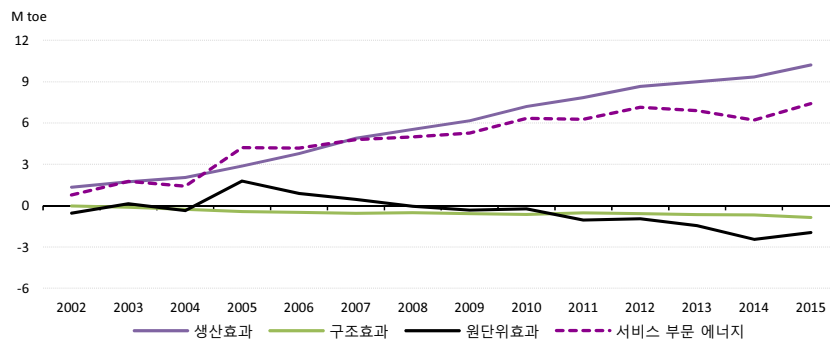
2. 서비스 부문

□ 서비스 부문의 에너지 소비 증가는 생산 효과가 주도했으나, 2011년 이후 에너지 소비 둔화는 주로 원단위 효과에 기인한 것으로 분석됨

- 서비스 부문에서는 에너지 소비의 변화 요인을 원단위, 구조, 생산 효과로 3요인 분해하여 분석함
 - 서비스업종 중 에너지 소비가 많고 중요도가 높은 7개 업종을 선별하고 나머지는 기타서비스업으로 분류함
 - 에너지 밸런스의 상업 부문과 공공 부문의 합으로 서비스 부문 에너지 소비 총량을 구하고, 서비스 업종별 에너지 소비량은 에너지총조사 자료를 이용해서 계산함

- 생산 효과는 2002~2015년까지 서비스업의 산출액이 빠르게 증가함에 따라 거의 선형에 가깝게 빠르게 증가함
 - 생산 효과는 2015년 기준으로 총효과의 137.1%를 차지함
 - 업종별로 살펴보면 숙박음식업이 전체 생산 효과에 가장 큰 영향을 미쳤고, 그 다음이 기타서비스업과 도소매업 순인 것으로 분석됨

[그림 6] 서비스업 에너지 소비의 3 요인 분해



- 구조 효과는 분석 기간 전 구간에 걸쳐 음의 값을 가지며 2015년에는 총효과의 -12.0%를 차지함
 - 이는 서비스업 중 에너지 집약도(intensity)가 가장 높은 숙박음식업의 비중이 2001년 8.0%에서 분석 기간 지속적으로 하락하여 2015년 6.5%까지 떨어진 것에 기인함
- 원단위 효과는 2005년 이후 에너지 소비의 감소 요인으로 작용하고, 특히 2011년을 기점으로 그 감소세가 더 가팔라짐
 - 이는 정부 수요관리 정책의 영향으로 풀이되는데, 2011년 9월 5일 지역별 순환 정전 사태를 경험한 후 정부는 개문 냉·난방과 냉·난방 적정 온도 위반 등에 대해 상시 단속을 시행하는 등 강력한 전력 수요 관리 정책을 시행하였음

- 세부 업종별로 2011년을 기점으로 감소세가 빨라진 업종은 대표적으로 도소매업과 공공행정업인데, 이는 정부 수요관리 정책의 주요 시행 대상이 된 도소매업과 정부 정책의 강력한 제재를 받을 수밖에 없는 공공행정업에서 정책 효과가 가장 크게 나타난 것으로 해석됨
- 서비스업 에너지 소비의 연평균 증가율에 대한 기여율을 살펴보면 원단위 효과의 기여율이 2009년 이전에는 -6.1%에 불과하여 감소 요인이기는 하나 그 영향력이 미미했던 반면, 2011년 이후로는 기여율이 -88.3%까지 그 절대값이 상승함

<표 3> 서비스업 에너지 증가율의 요인별 기여율 및 기여도

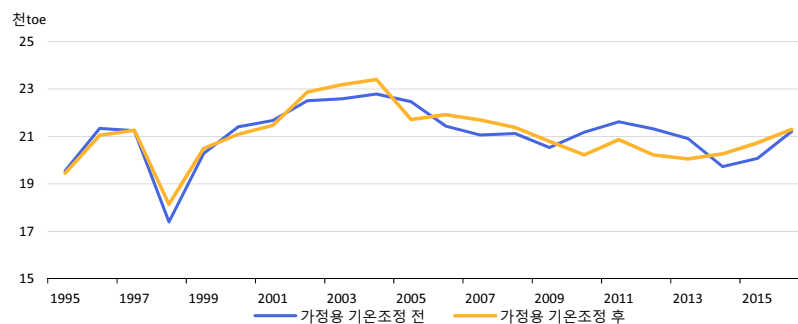
		2001~2009	2011~2015
서비스업 에너지 연평균 증가율		4.0%	1.4%
기여율	원단위 효과	-6.1%	-88.3%
	구조 효과	-11.0%	-37.7%
	생산 효과	117.1%	226.0%
기여도	원단위 효과	-0.2%p	-1.2%p
	구조 효과	-0.4%p	-0.5%p
	생산 효과	4.7%p	3.1%p

3. 가정 부문 에너지 소비 요인분해

- 가정 부문은 과거부터 에너지 소비가 지속 둔화해왔는데 특히, 2011년 이후로는 기온 효과, 주택구성원수 및 일인당에너지 소비 감소가 소비 둔화에 큰 역할을 함
- 가정 부문은 다른 부문과는 달리 디비지아 분석 이전에 기온 효과를 추출하여 기온 조정된 데이터를 요인분해 분석에 이용함

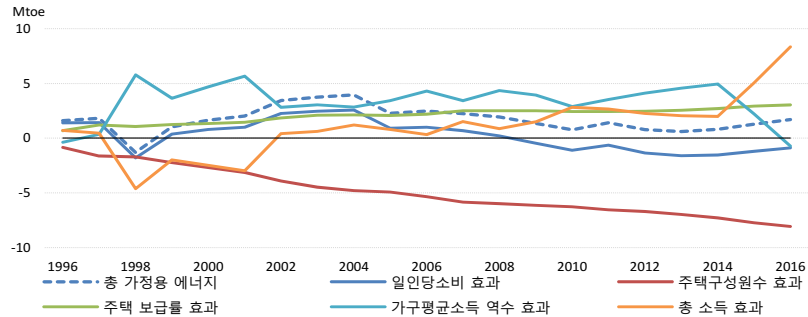
- 기온 조정된 가정용 에너지 소비는 기온이 표본 기간의 평균 수준에서 유지됐다면 실현되었을 에너지 소비량을 의미함
- 2010~2013년의 경우 냉난방도일이 평균보다 높아지면서 에너지 소비도 많아졌으며, 2014~2015의 경우는 반대로 냉난방도일이 평균 이하를 기록하며 에너지 소비가 준 것으로 나타남

[그림 7] 기온 조정 전과 후의 가정용 에너지 소비



- 기온 조정 후의 가정용 에너지 소비를 인당 에너지, 주택구성원수, 주택 보급률, 가구평균소득, 총소득 효과의 5요인으로 분해 분석함
- 가정용 에너지 소비는 타 부문의 에너지 소비와는 달리 특정 시기를 기점으로 증가세가 둔화했다기보다는 과거부터 꾸준히 소비 둔화가 진행됨
- 특히, 주택구성원수의 변화와 일인당소비 변화에 따른 에너지 소비 감소가 가정용 에너지 소비 둔화의 주요인으로 파악됨
- 주택 구성원수는 지속해서 감소했는데 이는 주택보급률의 포화 수준 접근에도 불구하고, 정부의 신도시 건설 등으로 주택수의 증가세가 인구 증가세 대비 빨랐기 때문임
- 일인당 가정용 에너지 소비는 도시가스 보급률이 포화 수준에 접근하고 전력화도 과거 대비 크게 둔화하는 등으로 2004년을 정점으로 감소해옴

[그림 8] 가정용 에너지(기온 조정 후) 소비의 5 요인 분해



- 기온 조정 후의 가정용 에너지 소비를 인당 에너지, 주택구성원수, 주택 보급률, 가구평균소득, 총소득 효과의 5요인으로 분해 분석함
 - 2011~2016년 기간 가정용 에너지 소비는 연평균 0.4% 감소했는데, 이 중 기온 효과로 0.8%p 감소함
 - 일인당소비 효과는 과거에는 가정용 에너지 소비 증가 요인으로 작용했으나, 2011년 이후로는 감소 요인으로 작용함
 - 주택구성원수는 과거부터 가정용 에너지 소비 감소 요인으로 작용해왔는데, 2011년 이후로는 그 상대적 영향력이 커짐

<표 4> 가정용 에너지 소비 증가율의 요인별 기여율 및 기여도

		1998~2009	2011~2016
가정용 에너지 연평균 증가율		1.5%	-0.4%
기여율	일인당소비 효과	45.4%	28.1%
	주택구성원수 효과	-132.5%	458.9%
	주택보급률 효과	37.9%	-202.0%
	가구평균소득 역수 효과	-65.0%	1051.7%
	총소득 효과	198.9%	-1442.1%
	기온 효과	15.4%	205.5%
기여도	일인당소비 효과	0.7%p	-0.1%p
	주택구성원수 효과	-2.0%p	-1.7%p
	주택보급률 효과	0.6%p	0.8%p
	가구평균소득 역수 효과	-1.0%p	-4.0%p
	총소득 효과	3.0%p	5.5%p
	기온 효과	0.2%p	-0.8%p

4. 수송 부문

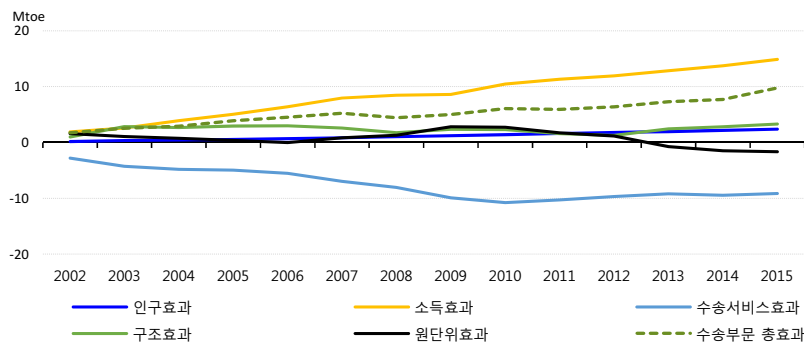
□ 소득 효과는 지속적인 증가요인, 수송 서비스 효과는 2010년까지의 감소요인, 원단위효과는 2011년 이후의 감소요인으로 작용함

- 수송 부문에서는 에너지 소비를 인구, 일인당 소득, 단위 소득당 수송 서비스, 구조, 원단위 효과의 5요인으로 분해하여 분석함
 - 국내 수송 부문 에너지 소비에 관한 요인 분해 분석은 시도된 적이 없으나 해외 연구를 참고¹⁾하여 분해식을 구성함
 - 디비지아 분해식 구성을 위해 해운 모드의 에너지 수요는 분석에서 제외함

1) Chung et al.(2013), Wang et al.(2007), Timilsina and Shrestha(2009), Wang et al.(2011) 등

- 2015년 유가 급락 효과를 제외하면 수송 부문 에너지 소비도 2011년 이후 증가세가 둔화되고 있음
 - 2011~2015년 연평균 증가율을 계산하면 2.7%이지만 이는 유가 급락으로 수송 부문 에너지 소비가 급증했던 2015년의 영향으로 이러한 가격 효과를 제외하면 수송 부문에서도 2011년 이후 에너지 소비 둔화가 진행 중이라 할 수 있음²⁾
- 소득 효과가 분석 기간 전반에 걸쳐 수송용 에너지 소비에 가장 영향력을 행사하고 있으며, 견조한 증가 요인으로 작용함

[그림 9] 수송용 에너지 소비의 5 요인 분해



- 단위 소득당 수송 서비스 수요 효과는 2010년까지 감소세를 지속함
 - 수송 서비스는 동기간 정체된 반면 소득은 꾸준히 증가하면서 단위 소득당 수송 수송서비스 효과는 가장 큰 감소 요인으로 작용함
 - 그러나 2010년 이후로는 단위 소득당 수송 서비스 수요 효과가 미약하긴 하나 증가세로 반등했는데, 이는 2010년 이후 수송서비스 수요의 증가율은 그 이전에 비해 높아진 반면, GDP 증가율은 오히려 둔화된 것에 기인함

2) 2015년 수송 부문 에너지 소비는 5.8%의 상당히 높은 증가율로 증가하였는데 이는 2014년 증가율인 1.2%에 비해 4.6%p나 높아진 수치이다. 2014년과 2015년 수송 부문에서 가격 이외에 다른 조건이 크게 차이가 나지 않는다는 가정하에 이 증가율 차이의 상당 부분은 유가 급락 효과에 기인하는 것으로 판단

- 소득당 수송 서비스 수요의 효과는 2001~2009년 기간 기여율과 기여도가 각각 -197.5%, -4.2%p를 기록하며 큰 감소 요인으로 작용하였으나 2011~2015년 기간 49.7%, 1.4%p로 반등하면서 증가 요인으로 전환되었음을 알 수 있음
- 원단위 효과는 2011년 이후 가장 큰 에너지 소비 감소 요인으로 작용함
 - 2001~2009년 기간 원단위 효과는 기여율과 기여도가 56.1%, 1.2%p를 기록하며 에너지 소비 증가 요인으로 작용했으나 2011~2015년에는 -100.3%, -2.8%p를 기록하며 에너지 감소 요인으로 전환됨
 - 특히, 2010년대 들어서는 나머지 모든 요인은 증가 요인으로 작용하였으나 원단위 효과가 가장 큰 절대값을 보이며 홀로 감소 요인으로 작용하는 부분이 특징적임
 - 이는 2011년 이후 고유가로 수송 비용이 증가하면서 화물차의 용량이 대형화되고³⁾ 연비 경쟁에서 우위를 점하는 외산 화물차의 비중이 확대되는 등으로 화물 부문을 중심으로 에너지 효율이 개선된 결과로 추정됨

3) 승용차의 대형화는 연비를 떨어뜨리며 에너지 효율을 낮추게 되지만, 화물차의 대형화는 단위 무게당 운행 횟수를 낮춰주게 되므로 에너지 효율을 높이게 됨

<표 5> 수송용 에너지 소비 증가율의 요인별 기여율 및 기여도

		2001~2009	2011~2015
수송용 에너지 연평균 증가율		2.1%	2.7%
기여율	인구 효과	24.0%	19.7%
	소득(일인당) 효과	170.8%	83.2%
	수송수요(단위소득당) 효과	-197.5%	49.7%
	구조 효과	46.7%	47.8%
	원단위 효과	56.1%	-100.3%
기여도	인구 효과	0.5%p	0.5%p
	소득(일인당) 효과	3.6%p	2.3%p
	수송수요(단위소득당) 효과	-4.2%p	1.4%p
	구조 효과	1.0%p	1.3%p
	원단위 효과	1.2%p	-2.8%p

IV. 전환 부문 요인분해

1. 발전투입 에너지 소비 요인분해

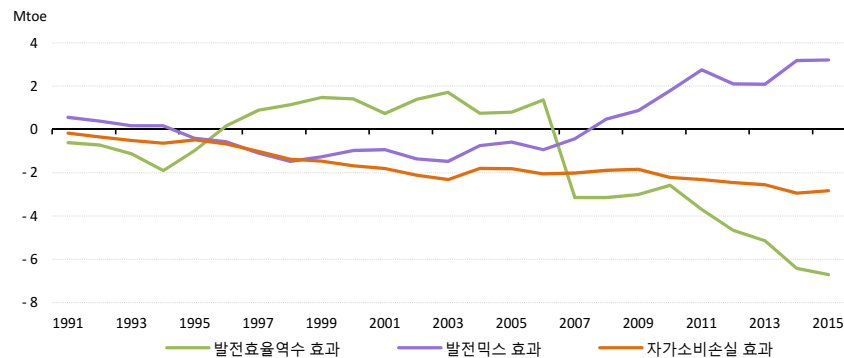
□ 발전투입 에너지는 전력소비의 증가세 둔화로 2011년 이후 정체하고 있는데, 발전효율 상승도 소비 둔화에 큰 역할을 함

○ 발전효율 효과, 에너지믹스 효과, 자가소비 및 송배전 손실 효과, 전력소비 효과의 4 요인으로 분해함

- 2006년경까지 전체 발전투입 에너지 변화의 대부분은 전력소비 효과로 설명되었으나, 이후로는 전력소비 효과가 상대적으로 작아짐

- 발전효율역수에 따른 발전용 에너지 소비는 2007년에 에너지열량 환산기준 변경에 따른 발전 효율 급등으로 급감하고, 2010년 이후로는 석탄 발전 효율의 완만한 상승 전환으로 감소세를 지속
- 발전믹스에 따른 발전투입 에너지 소비는 2000년대 중반부터 2011년까지는 석탄 발전 비중 상승으로 증가했으나, 이후로는 가스, 유류, 신재생 발전이 기저(석탄+원자력) 발전을 대체하며 보합함

[그림 9] 발전용 에너지의 발전효율, 발전믹스, 자가소비손실 효과



- 2011년 이후 발전 투입 에너지의 증가세 둔화는 단연 전력소비 둔화 때문이나, 발전효율 상승으로 증가세가 1%p 이상 하락한 것으로 나타남
- 발전효율(역수) 효과는 전체적으로 발전투입 에너지 소비의 둔화요인으로 작용했는데, 특히 2011년 이후에 들어 그 영향력이 커짐
- 발전믹스 효과는 과거 대비 영향력은 상승했지만, 여전히 전체 발전 투입 에너지에 미치는 영향은 크지 않음
- 오히려 자가소비손실 효과는 과거 에너지 소비에의 영향력이 미미했으나, 2011년 이후로는 상대적으로 중요도가 커지며 2011~2016년기간 발전용 투입 에너지 연평균 증가율을 0.3%p 하락시킨 것으로 나타남

<표 6> 발전투입 에너지 증가율의 요인별 기여율 및 기여도

		1998~2009	2011~2016
발전투입 에너지 연평균 증가율		5.8%	0.1%
기여율	발전효율역수 효과	-13.1%	-1242.7%
	발전믹스 효과	-0.3%	-29.7%
	자가소비손실 효과	0.2%	-279.3%
	전력소비 효과	113.1%	1651.7%
기여도	발전효율역수 효과	-0.8%p	-1.3%p
	발전믹스 효과	0.0%p	0.0%p
	자가소비손실 효과	0.0%p	-0.3%p
	전력소비 효과	6.6%p	1.8%p

2. 전력 소비 요인분해

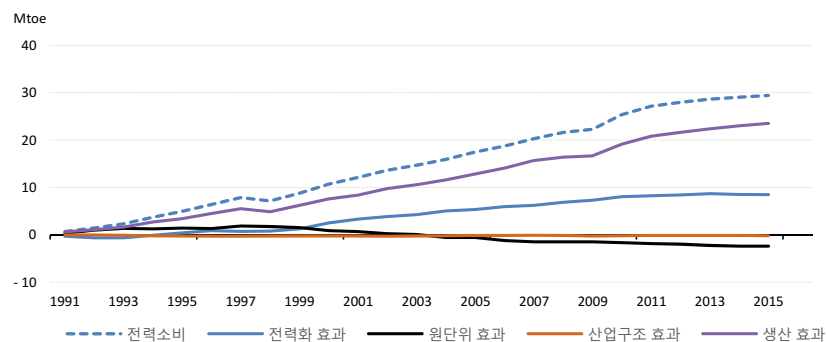
□ 산업에서의 생산 둔화뿐만 아니라, 서비스업에서의 전력화 정체와 원단위 개선 지속으로 전력 소비 증가세가 2010년대 들어 둔화함

- 전력 소비(산업+서비스업)를 전력화, 최종 에너지 원단위, 산업 구조, 생산 효과의 4요인으로 분해함
 - 가정용과 수송용 전력 소비는 디비지아 분석의 구조식 설정을 위해 제외됨
 - 전력소비 변화에 가장 큰 영향을 미치는 생산 효과의 경우 2011년 이후 산업과 서비스업 모두에서 생산이 둔화했으나, 서비스업보다는 산업에서 생산이 더욱 둔화하며 전력 소비 둔화를 이끌
 - 전력화는 과거 서비스업을 중심으로 빠르게 증가하며 전력 소비를 견인했

으나, 2010년경 이후로는 서비스업의 전력화가 정체하며 전력 소비 견인력이 사라짐

- 원단위는 산업의 경우는 2006년경부터 개선세가 정체되고 있으나, 서비스업은 개선세를 지속하며 2011~2015년 전력 소비 연평균 증가율을 1%p 가까이 하락시킴
- 산업구조 변화가 전력 소비에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 분석됨

[그림 11] 전력 소비의 4 요인 분해



- 전력화와 원단위 효과에서 서비스업의 역할이 산업보다 큰 이유는 정부의 수요관리 정책이 서비스업에서 더 크게 나타났기 때문으로 보임
- 이는 서비스업이 산업보다 전력의 소비 비중이 훨씬 커 정책의 영향력이 더 크게 나타난 것으로 분석됨

<표 7> 전력 소비 증가율의 요인별 기여율 및 기여도

		1998~2009	2011~2015
전력 소비 연평균 증가율		7.0%	1.6%
기여율	전력화 효과	49.9%	-2.8%
	원단위 효과	-33.3%	-54.0%
	산업구조 효과	0.0%	-1.3%
	생산 효과	83.3%	158.1%
기여도	전력화 효과	3.5%p	0.0%p
	원단위 효과	-2.3%p	-0.9%p
	산업구조 효과	0.0%p	0.0%p
	생산 효과	5.8%p	2.6%p

V. 결론 및 시사점

- 본 연구에서는 에너지 소비 요인 분해 분석의 대표적인 방법인 디비지아 (LMDI) 방법론을 이용하여 2010년경을 기준으로 이전과 이후의 에너지 소비 요인이 어떻게 변했는지를 분석함
 - 최종 에너지에서는 산업, 서비스업, 수송, 가정 부문의 에너지 소비 변화를 요인 분해 분석했으며, 총(일차)과 최종 에너지의 차이 변화에 대한 원인을 살펴보기 위해 발전용 투입에너지와 전력 소비를 요인 분해 분석함
- 2010년대 들어서의 총 및 최종 에너지 소비 증가세 둔화의 가장 큰 요인은 생산 활동 둔화였지만, 원단위 효과 역시 큰 역할을 한 것으로 분석됨

- 부문별로 원단위 효과에 따른 2011년 이후의 연평균 에너지 소비 증가율 하락은 산업 부문이 1.7%p, 서비스 부문이 1.2%p, 수송 부문이 2.8%p인 것으로 나타남
- 이는 원단위 효과가 없었다면, 2011년 이후 최종 에너지의 증가율은 연평균 3% 이상이었을 것을 의미함

□ 총 에너지와 최종 에너지의 격차는 꾸준히 증가해 오다 2010년대 들어서는 소폭 감소세로 돌아섰는데, 이는 동기간의 전력 소비 증가세 둔화와 이에 따른 발전용 투입 에너지 소비의 증가세 둔화 때문임

- 생산 둔화에 따른 전력 소비 둔화를 제외하면, 산업보다는 서비스업에서의 전력화 및 원단위 추세 변화가 전력 소비의 추세 변화를 이끔
- 전력 소비 자체가 둔화했을 뿐만 아니라, 발전 효율도 상승하며 발전용 에너지 소비가 크게 둔화했고 이에 따라 전환 손실(총과 최종 에너지의 차이)의 증가세가 보합 또는 소폭 감소세로 전환됨

□ 2011년 이후의 에너지 소비 둔화는 일시적이거나 단순히 숫자상의 과장된 효과도 존재하는 것으로 분석됨

- 단순히 열량환산기준이 변하면서 toe 기준 총 및 최종 에너지 소비량이 감소했으며, 발전 효율도 숫자상으로 상당 부분 상승하며 발전용 에너지 소비가 둔화한 것으로 나타남
- 열량환산기준 변경으로 2011~2016년 연평균 총 및 최종 에너지 소비 증가율이 0.3%p가량 하락하는 것으로 분석됨

<표 8> 6차 열량환산기준 변경(2012년)에 따른 에너지 소비의 증가율 변화

2011~2016 연평균 증가율	현행(%)	개정전(%)	차이(%p)
총 에너지	1.3	1.6	-0.3
전환	-0.6	-0.4	-0.3
최종 에너지	2.0	2.3	-0.3
산업	2.1	2.5	-0.4
수송	3.0	3.2	-0.2
가정	-0.5	-0.2	-0.3
서비스	1.4	1.3	0.1

- 가정용의 경우 2011~2016년 기간 기온이 과거 평년 기온 대비 변화하여 연평균 에너지 소비 증가율 1%p 가까이 하락함

□ 정부의 적극적인 전력 수요 관리 등의 에너지 절약 및 효율 개선 정책 효과가 에너지 원단위 개선세 유지에 큰 역할을 한 것으로 판단됨

- 비록 에너지 절약 정책이 성과를 내고 있지만, 정부의 에너지전환 정책 등 중장기적 에너지 계획 달성을 위해서는 기존의 절약 및 효율 개선에서 한 걸음 더 나아가 기존의 시장제도와 에너지 가격 체계 자체를 바꾸어야 할 것으로 보임
- 예를 들어, 석탄 발전량에 대기오염이나 송전손잡 비용 등의 외부 비용을 반영하고, 원가를 반영하는 전기 요금 체제로의 개편을 통해 전력 소비에 대한 가격 시그널 기능을 개선할 필요

< 참고자료 >

1. 참고문헌

- 김진수(2015). 우리나라 에너지소비 분해 분석 연구에 대한 고찰. 에너지경제연구, 14(3), 265 - 291.
- 박희천(2006). 한국 가정부문 직간접 에너지소비의 증가 요인 분석: 1990~2000. 자원·환경경제연구, 15(3), 531 - 553.
- 신정식(1988). 제조업부문 전력소비에서의 산업구조변화효과. 경제논집, 27(3), 359 - 372.
- 이성근·이성인(2008). 국가 에너지절약 및 효율향상 추진체계 개선방안 연구 - 가정·상업부문의 에너지효율 평가 -. 에너지경제연구원.
- Timilsina, G.R. and Shrestha, A.(2009). Transport Sector CO2 Emissions Growth in Asia: Underlying Factors and Policy Options. Energy Policy, 37(2009), 4523 - 4539.
- Wang, C., Cai, W., Lu, X. and Chen J.(2007). CO2 Mitigation Scenarios in China's Road Transport Sector. Energy Conversion and Management, 48(2007), 2110 - 2118.

정책 이슈페이퍼 18-14

국내 에너지 소비 변화의 요인 분해 분석

2018년 5월 31일 인쇄

2018년 5월 31일 발행

저 자 김 철 현·강 병 옥

발행인 박 주 현

발행처 **에너지경제연구원**

44543 울산광역시 중가로 405-11

전화: (052)714-2114(代) 팩시밀리: (052)714-2028

등 록 1992년 12월 7일 제7호

인 쇄 (사)한국척수장애인협회 인쇄사업소 (031)424-9347
