에너지경제연구 제 13 권 제 1 호
Korean Energy Economic Review
Volume 13, Number 1, March 2014 : pp. 121~143

국내 산업부문의 전력 · 에너지 소비효율 비교 · 분석: LMDI 요인분해 방법론 활용*

임재규** · 김종익***

요 약

본 연구는 LMDI 방법론을 활용하여 산업부문 및 제조업 전력소비 변화의 요인을 분석하였다. 산업부문의 경우, 전체적으로 생산활동의 확대(생산효과)와 전력다소비업종으로의 산업구조 변화(구조효과)에 의해 전력소비가 증가하였으나, 미미하지만 전력소비효율이 향상(집약도효과)되는 효과도 발생한 것으로 나타났다. 그러나 제조업의 경우에는 생산활동 확대로 인한 전력소비 증가요인이 전체 산업부문과 비교하여 상대적으로 크게 발생한 반면, 조립금속업 중심으로의 제조업 구조변화로 인해 전력소비가 감소하는 구조효과가 발생하였다. 한편, 집약도효과는 제조업에서 오히려 전력소비를 증가시킨 것으로 나타났으며, 이러한 집약도효과는 전력을 포함하는 최종에너지 전체의 경우와 비교해서도 상대적으로 크게 발생한 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 제조업에서의 전력소비 절감 및 효율향상을 위한 노력이 부족했음을 보여주는데, 특히 조립금속업종을 제외한 대부분의 제조업종에서 전력소비효율 향상을 위한 노력이 부족했다는 것이 업종별 집약도효과 분석을 통해 나타났다.

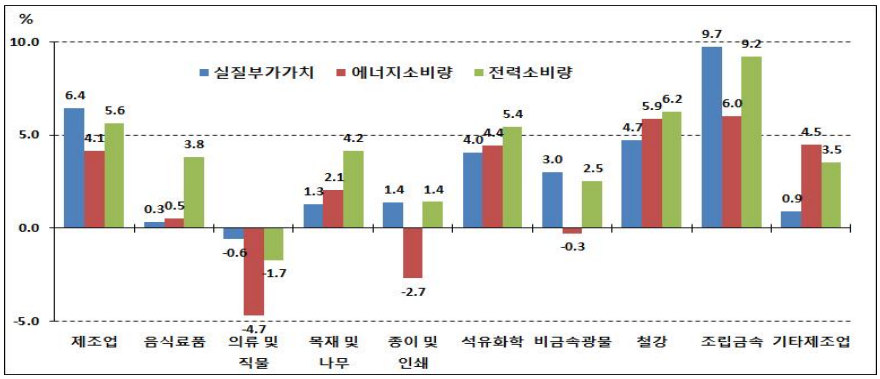
주요 단어 : 분해분석, LMDI, 에너지집약도, 산업구조
경제학문헌목록 주제분류 : Q40

* 본 논문은 에너지경제연구원의 2013년 기본연구보고서인 「산업부문의 전력수요관리정책 추진방향에 대한 연구」의 일부 내용을 발췌하여 수정 · 보완하였음.
** 에너지경제연구원, 선임연구위원(제1저자), jklim@keei.re.kr
*** 에너지경제연구원, 전문연구원(교신저자), jikim@keei.re.kr

I. 서 론

우리나라는 2011년 전력공급 능력 부족으로 순환정전을 시행한 9.15 정전사태를 계기로 국내 전력수급 문제에 대한 국민적 관심이 촉발되었으며, 이후 국내 전력공급설비의 증설이 제한되는 상황에서 동·하절기 전력수급위기가 계속 발생하고 있다. 생산원가를 제대로 반영하지 못하는 낮은 전기요금과 더불어 전력 다소비산업의 견실한 성장세, 서비스업의 성장, 기술발전에 따른 생활양식 변화 등으로 인해 빠르게 진행되고 있는 전력화(electrification) 현상이 이러한 전력수급위기의 원인으로 평가되고 있다.

[그림 1] 제조업종별 실질부가가치, 에너지소비량, 전력소비량 연평균증가율, 2000년~2011년



자료 : 에너지경제연구원, 에너지통계연보, 2012.

특히 산업부문의 전력소비가 2000년대에 미국, 일본, 영국, 독일 등 주요 선진국에서는 감소세를 유지하고 있는 반면, 우리나라의 경우에는 전력소비의 가장 큰 비중을 차지하는 산업부문이 3% 이상의 높은 증가세를 유지하고 있다.

산업부문 전력소비의 대부분을 차지하고 있는 제조업의 업종별 실질부가가치, 최종에너지소비, 전력소비 등의 변화를 분석한 결과, 석유화학 및 철강업종 등 에너지다소비업종과 전통적인 제조업종인 음식료품업과 나무/목재업 등을 중심으로 제조업의 전력화 현상이 빠르게 진행되고 있다. 따라서 산업부문 특히 제조업에 대한 전력수요관리정책이 강화될 것으로 예상되고 있다.

한편, 최근 산업부문을 대상으로 한 전력수요관리정책으로서 전기요금 현실화 및 에너지세제개편 등과 같은 가격정책의 필요성이 크게 대두되고 있다. 그러나 이러한 가격정책들이 전력소비 절감에는 일정수준 효과가 있을 수 있으나 물가상승으로 인한 거시경제적 악영향도 동시에 발생시킬 수 있다. 이는 국내 전체 전력소비에서 산업부문 특히 제조업이 차지하는 비중이 높으며, 전력소비와 생산활동 간에는 강한 인과관계가 존재하기 할 수 있기 때문이다.[1)]

따라서 산업부문에 대한 합리적인 전력수요관리정책의 개발과 추진을 위해서는 산업부문 특히 제조업 전력소비 변화의 요인을 체계적으로 분석할 필요가 있다. 즉, 전력소비 증가가 생산활동 확대로 불가피하게 발생한 것인지, 전력다소비산업 중심의 산업구조적인 문제인지 또는 전력효율향상 등 전력소비 절감을 위한 노력이 부족했기 때문인지에 대한 체계적인 분석이 필요하다. 이와 같은 배경 하에, 본 연구는 최근 에너지소비 변화의 요인분해 분석을 위해 광범위하게 사용되고 있는 Log Mean Divisia Index(LMDI) 접근방법을 활용하여, 산업부문 최종에너지 및 전력의 소비변화에 대한 체계적인 분석을 실시하고, 분석결과를 기초로 향후 우리나라 산업부문 전력수요관리정책의 추진방향에 대한 시사점을 도출한다.

---

1) 유승훈・정군오(2004)와 백문영・김우환(2012)은 국내 전력소비와 국내총생산 간에 강인과관계가 존재함을 보여 주었으며, 조정환・강만옥(2012)은 경제성장에서 제조업 전력소비로의 단방향 인과관계가 존재함을 확인하였음. 한편, 임재규(2013)는 제조업의 전력소비에서 생산활동으로의 단・장기 인과관계가 존재함을 보여주었음.

II. 분석방법[2)]

에너지소비의 변화에 대한 요인분해 분석에는 일반적으로 Laspeyres Index 접근방법과 Divisia Index 접근방법이 사용된다. Laspeyres Index 접근방법은 1970~80년대에 주로 사용된 방법론으로, 어떠한 요인의 변화를 분석하기 위해 다른 요인은 기준연도에 고정하여 분석하는 방법이다. Divisia Index 접근방법은 1990년대 후반에 제안된 이후 최근까지 광범위하게 사용되고 있는데, 가법적(Additive) 또는 승법적(Multiplicative) 요인분해 방법을 통해 전체 에너지소비의 변화량 또는 변화율의 요인을 분석한다. 즉, 두 시점 간의 에너지 소비 변화량을 분해분석하는 것이 가법적 방법이며, 다른 시점의 에너지 소비량 변화율을 요인분해하는 것이 승법적 방법이다.

Divisia Index 접근방법은 Log Mean Divisia Index(LMDI) 접근방법과 Arithmatic Mean Divisia Index(AMDI) 접근방법으로 구분된다. 많은 연구가 LMDI 접근방법을 사용하고 있는데, 이는 LMDI 접근방법에서는 요인분석 시 설명되지 않은 잔차(Residual)가 분석결과에 남지 않는다는 장점을 가지고 있기 때문이다[3)]. LMDI 접근방법은 Ang(2005)에 의해 이론적 기초가 확립되었으며, 국내에서는 나인강・이성근(2008), 진상현・황인창(2009), 김수이・김현석(2011) 등이 LMDI 접근방법을 통해 우리나라의 에너지소비에 대한 요인을 분석한 바 있다. 본 연구에서도 이들 선행연구와 같이 Divisia Index 접근방법 중에서 Ang(2005)에서 개발한 LMDI 접근방법을 사용하여 우리나라 산업부문의 전력소비 변화의 요인을 가법적 및 승법적 요인분해 방법으로 구분하

2) 본 장은 임재규(2013) pp.25~27의 일부내용을 수정 및 발췌하여 구성함.

3) 본 연구에서는 에너지소비의 변화요인을 생산효과(E_{act}), 구조효과(E_{str}), 집약도효과(E_{ins})로 구분하였는데, 이 3가지 효과가 에너지소비변화 요인 전체를 설명할 수는 없으므로 오히려 잔차가 존재해야 한다는 견해도 존재함.

여 상호 비교・분석한다.[4)]

$$\triangle E_{tot} = E^T - E^o = \triangle E_{act} + \triangle E_{str} + \triangle E_{ins} \quad \text{(식 1)}$$

where

$$\triangle E_{act} = \sum_i \frac{E_i^t - E_i^o}{\ln E_i^T - \ln E_i^o} ln(\frac{Q^T}{Q^O})$$

$$\triangle E_{str} = \sum_i \frac{E_i^t - E_i^o}{\ln E_i^T - \ln E_i^o} ln(\frac{S_i^T}{S_i^O})$$

$$\triangle E_{ins} = \sum_i \frac{E_i^t - E_i^o}{\ln E_i^T - \ln E_i^o} ln(\frac{I_i^T}{I_i^O})$$

위의 (식 1)은 LMDI 접근방법에 의한 가법적 요인분해 분석에 사용되는 구조식인데, 0기에서 T기까지의 에너지 소비량 변화를 생산효과(E_{act}), 구조효과(E_{str}), 집약도효과(E_{ins})로 구분하여 분석한다. 생산효과는 경제성장, 생산활동 등과 같이 분석대상인 특정 에너지소비의 전체적 변화를 설명하는 요인이다. 구조효과는 분석대상인 특정 에너지소비의 내부 구조변화를 나타내는 것으로써, 용도별, 업종별 등 세부 소비의 상대적 비중 변화로 인한 전체 소비의 변화를 설명한다. 마지막으로 집약도효과는 에너지절약, 효율향상 등을 통해 에너지집약도가 변화하는 효과를 설명한다. 따라서 집약도효과는 에너지절약, 절전 및 효율향상을 위해 추진된 정책 또는 프로젝트의 시행으로 유발되는 에너지 소비증감효과이며, 에너지수요관리 효과로도 설명될 수 있다.

위의 LMDI 접근방법을 활용하여 진상현・황인창(2009)은 우리나라를 16개 지방자치단체로 구분하여 1990년~2006년 동안의 에너지소비 요인을 분석하였으며, 김수이・김현석(2011)은 1991년~2007년까지의 국내 제조업 에너지소비에 대한 가법적 그리고 승법적 요인분석을 통해 에너지소비가 생산효과에

4) LMDI 접근방법을 활용한 요인분해 분석 구조식에 대한 자세한 정보는 Ang(2005), 김수이・김현석(2011), 박정욱・김수이(2013) 등 참조.

의해서 증가하였으며, 2005년 이후 집약도효과가 소비감소의 요인으로 작용하였음을 보여주었다. 한편, 박정욱·김수이(2013)은 우리나라와 일본의 산업부문 에너지소비 변화의 요인을 비교·분석하였는데, 양국 모두 생산효과에 의해 대부분의 에너지소비가 증가하였으며, 구조효과와 집약도효과는 양국 모두 에너소비를 감소시키는 역할을 한 것으로 나타났다.

한편 본 연구는 산업부문 또는 제조업의 에너지소비 변화에 대한 요인분해 분석을 실시한 위의 선행연구와 달리, 농축수산임업, 광업, 제조업, 건설업 등을 포함하는 산업부문과 제조업을 구분하여, 최근 국내 수급위기에 노출되어 있는 전력소비의 변화요인을 LMDI 접근방법을 활용하여 분석한다. 또한 전력소비 변화의 요인분해 분석결과를 최종에너지소비 변화의 요인분해 분석결과와 비교·분석한다. 이와 같은 분석을 통해 제조업 그리고 산업부문 차원에서의 전력수요관리정책 개발 및 추진을 위한 정책적 시사점을 도출한다.

이를 위해, 본 연구에서는 에너지경제연구원의 에너지통계연보에서 제공하는 산업부문의 각 업종별 전력 및 최종에너지 소비량과 산업연구원의 각 업종별 실질부가가치에 대한 내부자료를 활용한다. 분석 대상기간은 1990년~2011년이며, 산업부문에 대한 각각의 자료들은 농축수산임업, 광업, 제조업, 건설업으로 구성되어 있다. 이중에서 제조업은 에너지밸런스와 같은 10개 제조업종으로 세분화되어 있다.

III. 분석결과

1. 산업부문 최종에너지소비 요인분해[5)]

1990년~2011년 동안 산업부문의 최종에너지소비는 1990년 36.2백만toe 대비 3.5배 증가했다. 이 기간 동안의 90.7백만toe에 달하는 증가분을 LMDI 접근방법을 활용하여 요인분해한 결과, 생산활동의 확대로 88.2백만toe, 구조효과로 23.7백만toe가 증가한 반면, 집약도효과로 21.2백만toe가 감소하였다. 산업부문의 최종에너지 변화를 100%로 볼 때, 생산활동 확대와 산업부문의 구조변화를 통해 각각 97.2%와 26.1%의 증가효과를 기록한 반면, 효율향상 및 에너지절약 등을 통한 집약도효과로 23.3% 감소효과를 기록하였다. 1990년~2011년 동안의 최종에너지 연평균증가율 6.2%에 대한 요인별 기여도는 생산효과가 6.0%, 구조효과가 1.6%, 집약도효과가 -1.4%인 것으로 분석되었다(표 1).

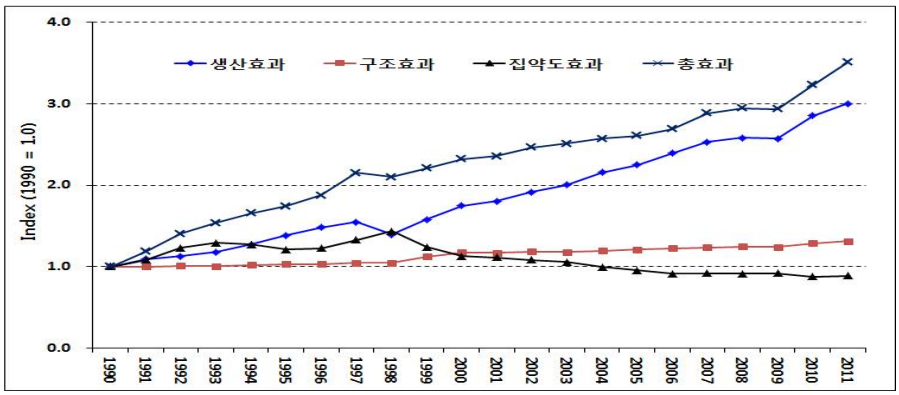
〈표 1〉 산업부문의 최종에너지소비 요인분해 분석 종합, 가법적 분석

	연 도	생산효과	구조효과	집약도효과	총효과
소비량 (천TOE)	1990~2011	88,186	23,710	-21,160	90,736
	1990~2000	34,548	12,019	1,195	47,762
	2000~2011	53,638	11,690	-22,355	42,974
비중 (%)	1990~2011	97.2	26.1	-23.3	100.0
	1990~2000	72.3	25.2	2.5	100.0
	2000~2011	124.8	27.2	-52.0	100.0
기여도 (%)	1990~2011	6.0	1.6	-1.4	6.2
	1990~2000	6.4	2.2	0.2	8.8
	2000~2011	4.8	1.0	-2.0	3.8

5) 본 절은 임재규(2013) pp.28~36의 일부내용을 수정 및 발췌하여 구성함.

1990년대에는 생산효과, 구조효과, 집약도효과 등 세 가지 요인들 모두가 산업부문의 에너지소비 증가를 견인하였으나, 2000년대에는 집약도효과를 통해 에너지소비 증가세를 일부 상쇄하였다. 즉, 1990년대와 달리 2000년대에는 생산효과와 구조효과로 산업부문의 최종에너지소비가 증가하였으나, 집약도효과로 에너지 소비가 상당부분 감소하는 효과가 발생하였다. 이는 2000년대 들어 산업부문의 에너지효율향상, 에너지절약 등의 노력이 강화되어 산업부분의 실질부가가치 기준 에너지원단위 개선에 기여하였음을 의미한다.

[그림 2] 산업부문의 최종에너지소비 요인분해 분석 종합, 승법적 분석



산업부문 최종에너지소비 변화에 미치는 요인별 효과를 해당 연도별로 누적적으로 분석하였을 때, 생산효과에 따른 에너지소비가 타 요인에 비해 상대적으로 빠르게 증가하는 것을 볼 수 있다(그림 2). 그러나 외환위기와 국제금융위기가 발생한 1998년과 2009년에는 생산효과가 산업부문 최종에너지소비의 감소요인으로 작용하였음을 확인할 수 있다. 한편, 구조효과도 최종에너지소비를 증가시키는 요인으로 작용하였으나, 생산효과보다는 그 역할이 상대적으로 미미하였다. 반면, 집약도효과는 1990년대 말부터 최종에너지소비를 감소시키는 역할을 했으며, 생산효과와 구조효과로 증가하는 최종에너지소비를 상쇄하는 역할을 하였다.

〈표 2〉 산업부문의 연도별/업종별 최종에너지소비 집약도효과, 가법적 분석

(단위: 천toe)

		농림어업	광업	제조업	건설업	합계
합계	1990~2011	34	126	-21,825	504	-21,160
	1990~2000	1,426	-25	-587	380	1,195
	2000~2011	-1,392	151	-21,238	124	-22,355

1990년부터 2011년까지의 산업부문 최종에너지소비의 집약도효과인 21.2백만toe는 산업부문을 구성하는 농림어업, 광업, 제조업, 건설업 등으로 구분하여 설명될 수 있다. <표 2>에서 나타난 바와 같이 전반적으로 제조업종에서는 에너지효율향상 등을 통한 집약도효과가 에너지소비 증가를 억제하는 역할을 하였으나, 광업, 건설업 등의 집약도효과는 오히려 에너지소비를 증가시키는 역할을 하였다. 이러한 업종별 효과는 1990년대보다 2000년대에 두드러지게 발생한 것으로 분석되었다.

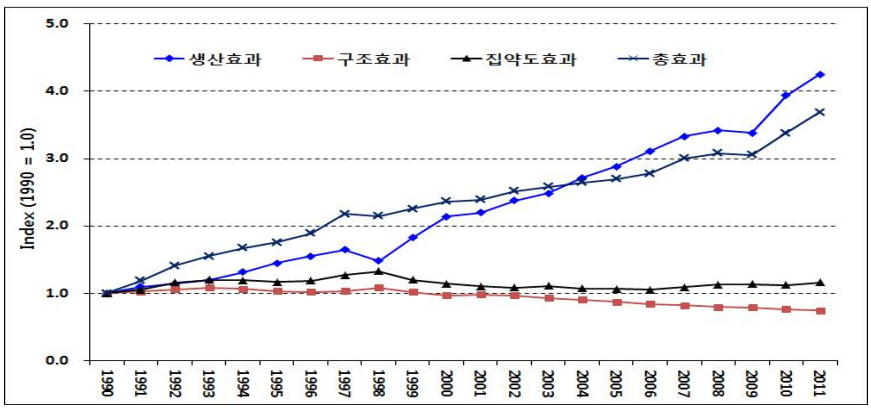
〈표 3〉 제조업의 최종에너지소비 요인분해 분석 종합, 가법적 분석

	연 도	생산효과	구조효과	집약도효과	총효과
소비량 (천TOE)	1990~2011	109,988	-29,003	7,232	88,217
	1990~2000	45,356	-4,177	3,628	44,807
	2000~2011	64,632	-24,826	3,604	43,410
비중 (%)	1990~2011	124.7	-32.9	8.2	100.0
	1990~2000	101.2	-9.3	8.1	100.0
	2000~2011	148.9	-57.2	8.3	100.0
기여도 (%)	1990~2011	8.0	-2.1	0.5	6.4
	1990~2000	9.1	-0.8	0.7	9.0
	2000~2011	6.1	-2.4	0.3	4.1

그러나 2011년을 기준으로 산업부문의 전체 최종에너지소비에서 약 94.9%를 차지한 제조업의 최종에너지소비 변화에 대한 요인분해 분석은 다르게 나타났다. 2011년 제조업의 최종에너지소비는 121백만toe를 기록하였는데, 1990년~2011년 동안 제조업의 최종에너지소비는 연평균 6.4% 증가하여 1990년의 32.8백만toe 대비 3.7배를 기록했다. 같은 기간의 약 88.2백만toe에 달하는 증가분을 요인분해한 결과, 생산효과와 집약도효과로 각각 110.0백만toe와 7.2백만toe가 증가하였으나, 구조효과로 29.0백만toe가 감소하였다(표 3).

제조업의 최종에너지 소비변화를 100%로 볼 때, 생산효과와 집약도효과가 각각 124.7%와 8.2% 증가한 반면, 구조효과는 32.9% 감소하였는데, 이는 1990년~2011년 동안의 최종에너지소비 연평균증가율 6.4%에 대한 요인별 기여도는 생산효과가 8.0%, 구조효과가 -2.1%, 집약도효과가 0.5%를 차지하였음을 의미한다. 이러한 분석결과는 제조업의 에너지 소비구조가 에너지 저소비구조로 일정부분 변화하고 있으나, 에너지소비 절감을 위해서는 에너지원단위 개선을 위한 노력이 강화될 필요가 있음을 의미한다. 한편, 1990년대보다 2000년대의 구조효과가 에너지소비 감소에 상대적으로 많이 기여하였으나, 생산효과, 집약도효과 등 두 가지 요인들은 지속적으로 제조업의 에너지소비 증가를 견인하는 역할을 하였다.

[그림 3] 제조업의 최종에너지소비 요인분해 분석 종합, 승법적 분석



한편, 제조업의 최종에너지소비 변화에 영향을 미치는 요인별 효과를 해당 연도별로 누적하여 분석하였을 때, 1998년 금융위기 이후 생산효과가 최종에너지소비 증가세를 견인한 반면, 구조효과는 소비를 지속적으로 감소시키는 역할을 한 것으로 볼 수 있다(그림 3). 이는 에너지저소비 업종으로의 제조업 구조변화가 에너지소비 감소에 일정수준 기여했음을 의미한다.

〈표 4〉 제조업의 연도별/업종별 최종에너지소비 집약도효과, 가법적 분석

	음식료	섬유/의류	나무/목재	펄프/인쇄	석유화학	비금속광물	철강	비철금속	조립금속	기타제조	합계
1990~2011	-330	-275	78	-901	7,889	-3,061	-292	-23	-3,176	7,322	7,232
1990~2000	-367	971	57	-138	4,476	-1,081	-3,773	-159	-932	4,574	3,628
2000~2011	37	-1,246	21	-763	3,413	-1,980	3,481	136	-2,244	2,748	3,604

제조업 업종별로 집약도효과를 분해해보면 대부분의 업종에서는 에너지원단위 개선으로 집약도효과가 제조업의 최종에너지소비 감소에 기여하였으나, 석유화학과 기타제조업 등 특정업종의 집약도효과가 제조업의 최종에너지소비 증가에 크게 기여하였음을 알 수 있다. 즉, 철강, 조립금속, 펄프 및 인쇄, 음식료 등 많은 업종의 집약도효과는 에너지소비 감소의 요인으로 작용을 했지만, 나무목재, 석유화학, 기타제조업의 집약도효과는 반대로 작용하였다(표 4).

2. 산업부문 전력소비 요인분해[6)]

1990년~2011년 동안 산업부문의 전력소비는 연평균 6.9% 증가하여 최종에너지(연평균 6.2%)보다 빠르게 증가하였으며, 이는 1990년의 5.1백만toe 대비 4.1배에 해당한다. 1990년~2011년 동안의 15.7백만toe에 달하는 전력소비 증가분을 LMDI 접근방법을 활용하여 요인분해 분석을 실시한 결과, 생

6) 본 장은 임재규(2013) pp.37~44의 일부내용을 수정 및 발췌하여 구성함.

산효과와 구조효과로 전력소비가 각각 12.6백만toe와 3.6백만toe가 증가한 반면, 집약도효과로 약 0.5백만toe가 감소한 것으로 나타났다(표 5). 이는 산업부문의 전력소비 변화를 100%로 볼 때, 생산활동 확대와 산업부문의 구조변화를 통해 각각 80.2%와 22.7%의 증가효과를 기록한 반면, 효율향상 및 에너지절약 등을 통한 집약도효과로 2.9%의 감소효과가 발생한 것이다. 이는 같은 기간의 산업부문 전력소비 연평균증가율 6.9%에 대하여 생산효과가 5.6%, 구조효과가 1.6%, 집약도효과가 -0.2% 기여한 것을 의미한다.

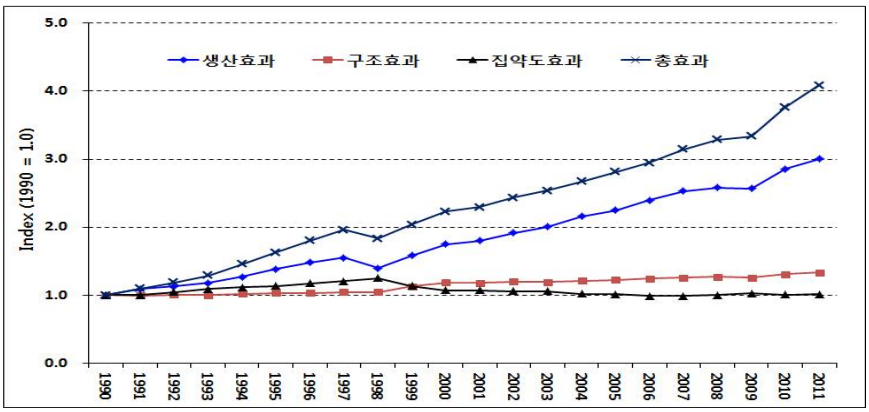
〈표 5〉 산업부문의 전력소비 요인분해 분석 종합, 가법적 분석

	연 도	생산효과	구조효과	집약도효과	총효과
소비량 (천toe)	1990~2011	12,623	3,570	-458	15,734
	1990~2000	4,473	1,676	130	6,279
	2000~2011	8,149	1,894	-588	9,455
비중 (%)	1990~2011	80.2	22.7	-2.9	100.0
	1990~2000	71.2	26.7	2.1	100.0
	2000~2011	86.2	20.0	-6.2	100.0
기여도 (%)	1990~2011	5.6	1.6	-0.2	6.9
	1990~2000	6.0	2.2	0.2	8.4
	2000~2011	4.9	1.1	-0.4	5.7

1990년대에는 생산효과, 구조효과, 집약도효과 등 세 가지 요인 모두가 산업부문의 전력소비 증가를 견인하는 역할을 하였으며, 2000년대에 들어서는 집약도효과를 통해 전력소비 증가세가 일부 상쇄되었다. 이는 2000년대 들어 산업부문 전체의 전력효율향상, 절전 등의 노력이 산업부분의 실질부가가치 기준 전력원단위 개선에 일부 기여하였음을 의미한다. 한편, 산업부문 전력소비 변화에 대한 연도별 요인분해 분석결과를 살펴보면, IMF 외환위기와 국제금융위기로 어려움을 겪었던 1998년과 2009년에 경제침체로 인해 생산효과가 전력소비를 감소시키는 역할을 하였으나, 집약도효과는 오히려 전력소비를 증가시키는 역할을 하였다.

산업부문 전력소비 변화에 미치는 요인별 효과를 해당 연도별로 누적적으로 분석한 [그림 4]에서도 외환위기와 국제금융위기가 발생한 1998년과 2009년에는 생산효과가 산업부문 전력소비의 감소요인으로 작용하였음을 확인할 수 있다. 구조효과도 전력소비를 증가시키는 요인으로 작용하였으나, 생산효과보다는 그 역할이 상대적으로 작았다. 또한 집약도효과는 1990년대 말부터 전력소비를 감소시키는 역할을 했으나 기여도는 아주 낮았던 것으로 나타났다.

[그림 4] 산업부문의 전력소비 요인분해 분석 종합, 승법적 분석



〈표 6〉 산업부문 연도별/업종별 전력소비 집약도효과, 가법적 분석

(단위: 천toe)

	농림어업	광업	제조업	합계
1990~2011	639	116	-1,214	-458
1990~2000	256	17	-143	130
2000~2011	383	100	-1,071	-588

주: 에너지통계연보(2012)에서 건설업의 전력소비가 없는 것으로 처리함에 따라, 산업부문의 업종별 전력소비분석에서는 건설업을 제외함.

1990년~2011년 동안의 산업부문 전력소비 집약도효과(458천toe)를 업종별로 구분하면, 제조업에서는 전력효율향상 등을 통한 집약도효과가 전력소비 증가를 억제하는 역할을 지속적으로 하였으나, 다른 업종 특히 농림어업에서는 오히려 전력소비를 증가시키는 역할을 하였다. 이러한 효과는 1990년대보다 2000년대에 두드러지게 발생한 것으로 나타났다(표 6). 한편, 제조업의 집약도효과가 2000년대 들어 산업부문 전체의 전력소비 증가를 억제하는 역할을 했다는 분석결과는 실제 제조업의 전력원단위의 변화와 비교해볼 때 일관성을 유지하고 있다(표 7).

〈표 7〉 제조업종별 전력원단위 변화, 1990년~2011년

(단위: TOE/백만 원)

	1990	2000	2010	2011	연평균증가율 (%)		
					90~00	00~11	90~11
제조업 전체	0.059	0.061	0.056	0.056	0.4	-0.8	-0.2
음식·담배	0.036	0.044	0.061	0.064	1.9	3.5	2.7
섬유가죽	0.057	0.101	0.088	0.089	5.8	-1.1	2.1
목재·나무	0.052	0.096	0.130	0.131	6.3	2.8	4.5
종이·인쇄	0.077	0.101	0.102	0.102	2.8	0.0	1.3
석유화학	0.075	0.073	0.078	0.085	-0.2	1.3	0.6
비금속광물	0.100	0.105	0.097	0.100	0.5	-0.4	0.0
철강	0.116	0.120	0.140	0.141	0.4	1.4	0.9
조립금속	0.043	0.036	0.034	0.034	-1.8	-0.5	-1.1
기타제조업	0.011	0.032	0.046	0.042	11.7	2.6	6.8

자료: 에너지통계연보, 에너지경제연구원, 2012 및 산업연구원 내부자료

한편, 2011년 제조업의 전력소비는 19.8백만toe를 기록하였는데, 이는 1990년~2011년 동안 연평균 6.9% 증가하여 1990년의 4.9백만toe 대비 약 4.0배 증가하였다. 그런데 LMDI 접근방법을 활용한 전력소비 변화의 요인분해 분석대상을 전체 산업부문 전력소비의 약 95%(2011년 기준)를 차지하는 제조업으로 제한할 경우, 분석결과가 산업부문 전체의 경우와 크게 달라진다.[7] 먼

저, 1990년~2011년 동안 14.9백만toe의 전력소비 증가분을 요인분해한 결과, 생산효과로 약 16.0백만toe의 전력소비 증가효과가 발생한 반면, 구조효과로 인해 2.8백만toe가 감소하는 효과가 발생한 것으로 나타났다. 한편, 산업부문 전체의 경우와 달리 제조업에서는 집약도효과가 전력소비를 약 1.7백만toe 증가시킨 것으로 나타났다(표 8).

〈표 8〉 제조업의 전력소비 요인분해 분석 종합, 가법적 분석

(단위: 천toe)

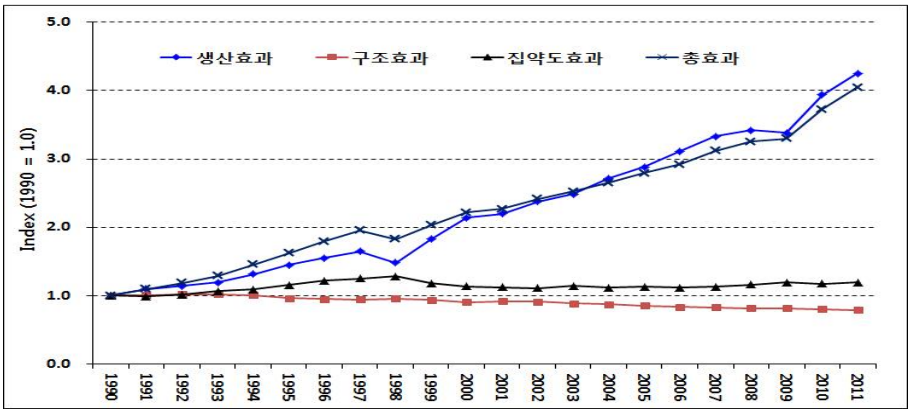
	연 도	생산효과	구조효과	집약도효과	총효과
소비량 (천toe)	1990~2011	15,981	-2,779	1,669	14,871
	1990~2000	5,990	-846	805	5,949
	2000~2011	9,992	-1,934	865	8,922
비중 (%)	1990~2011	107.5	-18.7	11.2	100
	1990~2000	100.7	-14.2	13.5	100
	2000~2011	112.0	-21.7	9.7	100
기여도 (%)	1990~2011	7.4	-1.3	0.8	6.9
	1990~2000	8.4	-1.2	1.1	8.3
	2000~2011	6.3	-1.2	0.5	5.6

제조업 전력소비 변화 100%에서 생산효과의 비중이 107.5%로서 산업부문의 경우와 비교하여 크게 증가하여 제조업 전력소비 증가를 견인하였다. 반면, 구조효과는 -18.7%로 제조업 전력소비 감소를 견인하였는데, 이는 산업부문 전체 전력소비의 경우와 반대의 결과이다. 또한 집약도효과의 경우에도 제조업에 대한 분석에서는 오히려 전력소비를 11.2% 증가시키는 역할을 하였다. 이러한 결과는 제조업의 전력소비 효율향상 및 절전을 위한 노력이 부족했음을 의미한다. 한편, 제조업의 전력소비 변화에 대한 연도별 요인분해 분석결과에서도 산업부문 전체의 전력소비와 같이 IMF 외환위기와 국제금융위기로 어려움을 겪었던 1998년과 2009년에 경기침체로 생산효과가 전력소비를

7) 산업부문 전체적으로는 생산효과와 구조효과가 전력소비 증가를 견인한 반면, 집약도효과는 전력소비를 감소시키는 역할을 하였다.

감소시키는 역할을 하였으나, 집약도효과는 오히려 에너지소비를 증가시키는 역할을 하였다(그림 5).

[그림 5] 제조업의 전력소비 요인분해 분석결과 종합, 승법적 분석



〈표 9〉 제조업의 연도별/업종별 전력소비 집약도효과, 가법적 분석

(단위: 천toe)

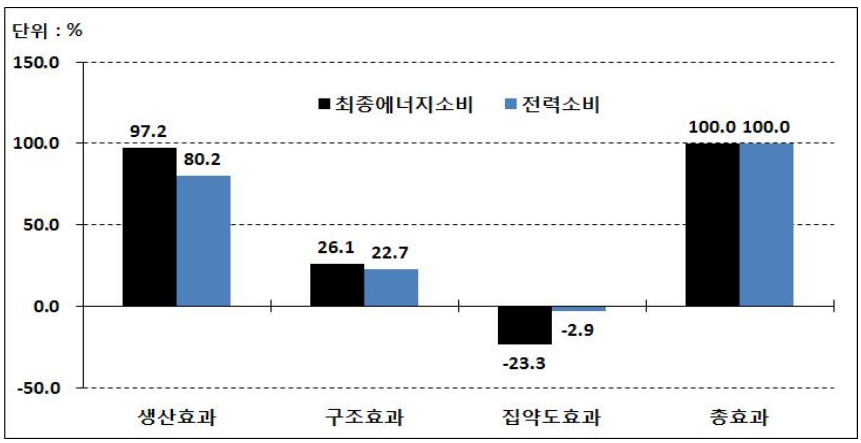
	음식료	섬유 의류	나무 목재	펄프 인쇄	석유 화학	비금속 광물	철강	비철 금속	조립 금속	기타 제조	합계
1990~2011	321	349	86	144	506	-19	608	0	-464	140	1,669
1990~2000	71	503	43	148	-76	25	122	0	-133	99	805
2000~2011	249	-154	42	-4	582	-45	485	0	-332	40	865

집약도효과는 제조업의 전력소비를 감소시키는 역할을 하기보다는 오히려 전력소비를 증가시키는 역할을 하였다. 제조업 업종별 전력소비 집약도효과의 분석결과에 따르면 비금속광물 및 조립금속 이외에 모든 업종의 집약도효과가 제조업의 전력소비 증가에 기여한 것으로 나타났다. 특히, 철강, 석유화학, 음식료 등의 집약도효과가 2000년대에 전력소비 증가에 크게 기여한 것으로 분석되었다(표 9).

3. 산업부문의 최종에너지 및 전력소비 변화요인 비교[8)]

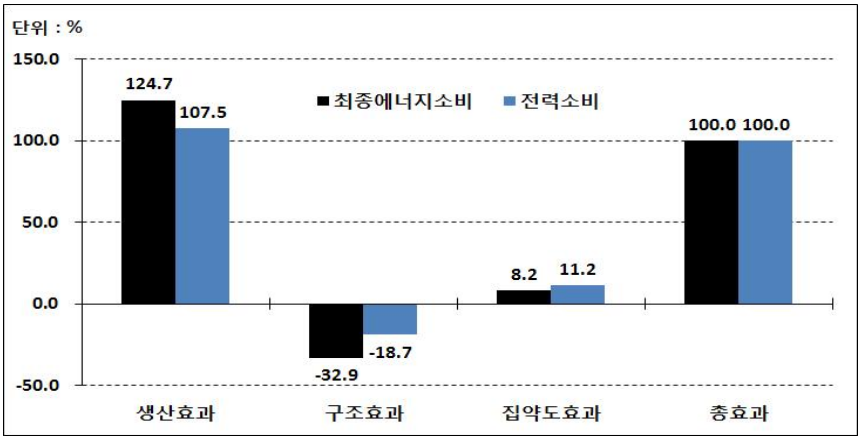
본 연구에서는 산업부문 및 제조업을 대상으로 1990년~2011년 동안의 전력소비 뿐만 아니라 전력을 포함한 전체 최종에너지 소비변화의 요인분해분석도 같은 방법으로 실시하였다. 먼저 산업부문 최종에너지 소비변화를 100%로 볼 때, 생산효과와 구조효과가 각각 97.2%와 26.1%의 비중으로 최종에너지소비 증가를 견인한 반면, 집약도효과는 -23.3%의 비중으로 최종에너지소비 감소를 견인하였다. 그러나 전력소비의 경우에는 집약도효과가 -2.9%의 비중으로 전력소비를 약간 감소시키는 역할만 수행하였다(그림 6). 이는 산업부문 전체에서 전력소비를 감소시키기 위한 전력효율향상, 절전 등의 노력이 상대적으로 부족했음을 간접적으로 보여준다.

[그림 6] 산업부문의 최종에너지 및 전력소비 변화 요인별 비중, 1990~2011



8) 본 장은 임재규(2013) pp.44~48의 일부내용을 수정 및 발췌하여 구성함.

[그림 7] 제조업의 최종에너지 및 전력소비 변화 요인별 비중, 1990~2011



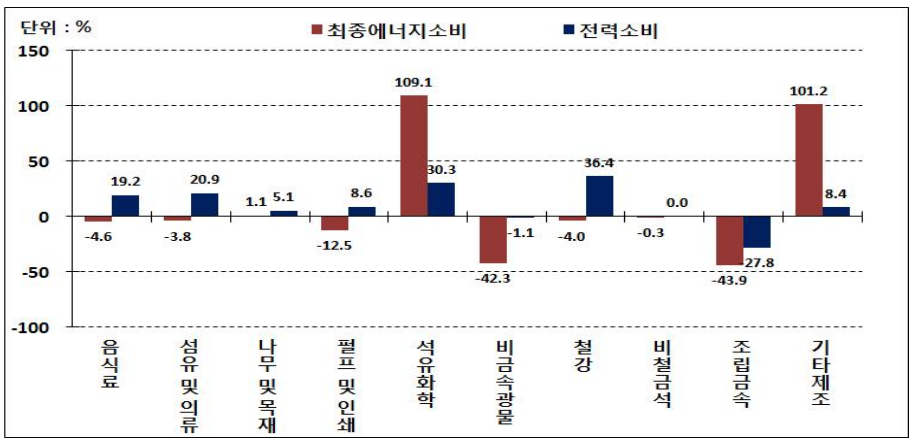
같은 기간에 제조업을 대상으로 최종에너지와 전력소비의 변화 요인을 분석한 결과, 산업부문 전체와 비교하여 생산효과가 최종에너지와 전력소비 증가에 큰 영향을 미쳤다. 반면 구조효과는 오히려 최종에너지와 전력소비를 감소시키는 역할을 한 것으로 나타났다(그림 7). 제조업에서의 구조효과가 최종에너지와 전력의 소비를 감소시키는 역할을 했다는 것은 산업구조가 그 동안 전기·전자, 자동차, 조선 등을 포함하는 에너지저소비 고부가가치산업으로 변화하였음을 보여준다. 한편, 집약도효과는 최종에너지와 전력소비를 오히려 증가시키는 역할을 하였는데, 특히 전력소비의 경우에 더욱 크게 나타났다. 이는 제조업에서의 에너지원단위 그리고 특히 전력원단위 개선을 위한 노력이 크게 부족했음을 보여주는데, 그 동안 우리나라의 에너지, 특히 전력시장에서 가격시그널이 제대로 작동하지 않았으며, 고효율기기 보급 확대 등을 위한 노력이 부족하였음을 간접적으로 보여준다.

제조업의 최종에너지 및 전력소비 증가가 생산활동의 확대를 반영하는 생산효과에 영향을 받은 것은 국가경제 발전 및 제조업의 경쟁력 제고 측면에서 이해될 수 있으나, 집약도효과가 최종에너지 특히 전력소비 증가의 요인으로 작용한다는 것은 중요한 문제점으로 지적된다. 집약도효과가 전력소비를

오히려 증가시키는 것은 전력요금, 전력효율향상정책 등의 여러 요인이 동시에 작용할 뿐만 아니라, 주요 제조업종간 전력효율향상을 위한 노력의 차이에서도 그 원인을 찾을 수 있다.

제조업종별 최종에너지 및 전력소비 변화에 대한 집약도효과를 분석한 결과, 특정 업종의 집약도효과가 최종에너지 및 전력소비 증가의 요인으로 작용하였음을 알 수 있다. [그림 8]은 제조업 업종별 최종에너지 및 전력소비의 집약도효과에 대한 기여도를 분석한 결과를 보여준다. 최종에너지의 경우, 석유화학과 기타제조업의 집약도효과가 제조업의 최종에너지소비 증가에 독보적으로 기여한 반면, 다른 업종의 집약도효과는 대부분 최종에너지소비를 감소시키는 데 기여하였다. 그러나 전력의 경우에는 조립금속업종을 제외한 대부분 업종의 집약도효과가 제조업 전력소비 증가에 기여하였음을 알 수 있다. 이와 같은 분석 결과는 대부분의 제조업종에서 전력소비 절감 및 효율향상을 위한 노력이 전반적으로 부족했음을 간접적으로 시사한다.

[그림 8] 제조업 업종별 최종에너지/전력소비 집약도효과 기여도, 1990~2011



IV. 결론 및 시사점

우리나라는 기존 공급중심의 에너지정책을 기조로 경제활동을 위한 안정적인 전력공급에 주력함으로써 전력화를 빠르게 진행시키는 결과를 가져왔다. 특히 우리나라 전력소비의 약 53%를 차지하고 있는 산업부문과 산업부문 전력소비의 95% 이상을 차지하는 제조업에서 전력소비가 지속적으로 증가하고 있는데, 이러한 증가세가 생산활동 과정에서 불가피하게 발생할 경우 전력소비 절감을 위한 정부의 정책강화가 오히려 산업부문의 생산활동과 나아가 우리나라의 거시경제에도 악영향을 발생시킬 가능성이 크다. 따라서 향후 산업부문의 전력화현상을 완화하기 위한 합리적인 정책을 개발·추진하기 위해서는 산업부문 전력소비 증가의 원인을 체계적으로 검토할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 LMDI 접근방법을 활용한 요인분해 분석을 통해 산업부문 그리고 제조업의 전력소비 변화의 요인들을 체계적으로 분석하였다.

분석결과, 산업부문 전체적으로 생산활동의 확대(생산효과)와 전력다소비업종으로의 산업구조 변화(구조효과)에 의해 전력소비가 증가하는 요인이 발생하였으나, 규모는 미미하지만 전력소비효율이 향상(집약도효과)되는 효과도 일부 발생한 것으로 나타났다. 그러나 분석범위를 제조업으로 좁힐 경우 분석결과가 크게 변화하였다. 제조업의 생산활동 확대를 통한 전력소비 증가요인이 산업부문 전체와 비교하여 상대적으로 크게 발생한 반면, 제조업의 구조가 전기/전자, 기계, 자동차 등 고부가가치산업인 조립금속업 중심으로 지속적으로 전환됨에 따라 오히려 전력소비가 감소하는 구조효과가 발생하였다. 한편, 산업부문 전체적으로 미미하지만 전력소비를 감소시킨 집약도효과는 제조업 차원에서는 오히려 전력소비를 증가시키는 반대의 효과를 발생시켰다. 또한 전력소비를 증가시킨 이러한 집약도효과는 전력을 포함하는 최종에너지 전체

의 경우와 비교해서도 상대적으로 크게 발생한 것으로 분석되었다. 제조업에서의 집약도효과가 오히려 전력소비를 증가시키는 요인으로 작용했다는 분석결과는 제조업에서의 전력소비 절감 및 효율향상을 위한 노력이 부족했음을 보여주는데, 특히 조립금속업종을 제외한 대부분의 제조업종에서 전력소비효율 향상을 위한 노력이 부족했음을 업종별 집약도효과에 대한 비교·분석을 통해 알 수 있었다.

전력수급문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 전기요금 현실화 및 에너지세제개편 등을 통해 전력시장에서 가격기능을 먼저 회복시킬 필요가 있다. 특히 연료비연동제를 통해 전기요금을 현실화하여 전력소비 절감을 유도하고, 피크요금제 및 계절별·시간대별 요금제 등 다양한 수요관리형 요금제 도입을 통해 산업계의 자발적 에너지절약을 유도할 필요가 있다. 그러나 이러한 가격정책이 산업계의 효율적인 전력수요관리를 보장할 수 있는 가에 대한 심도있는 검토가 필요하다. 본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 산업부문 특히 제조업 전력소비 변화의 핵심요인이 생산효과인 상황에서 전기요금의 인상이 전력소비 절감을 유도할 수는 있으나 국가경제에는 큰 악영향을 초래할 가능성이 있다. 따라서 가격정책의 부정적 영향을 완화할 수 있는 보완적 정책을 동시에 추진할 필요가 있다. 특히 산업부문에서 사용하는 전력사용기기의 고효율화와 더불어 이러한 고효율기기의 보급 확대를 위한 정부의 지원과 인센티브 확대가 필요하다.

접수일(2014년 1월 6일), 수정일(2014년 2월 26일), 게재확정일(2014년 3월 5일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

김수이・김현석, “LMDI 방법론을 이용한 국내제조업의 에너지소비 요인 분해분석”, 에너지경제연구, 제10권 제1호, pp.49~76, 2011.

나인강・이성근, “산업부문 에너지효율 변화요인 분석”, 자원・환경경제연구, 제17권 제2호, pp.255~286, 2008.

박정욱・김수이, “한국과 일본의 산업부문 에너지소비에 대한 LMDI 요인 분해분석”, 에너지경제연구, 제12권 제1호, pp.67~103, 2013.

백문영・김우환, “한국의 경제성장과 전력수요 간의 인과성에 관한 연구: 분기별 자료를 이용하여”, 응용통계연구, 제25권 제1호, pp.89~99, 2012.

산업연구원 내부자료

에너지경제연구원, 「에너지통계연보」, 2012.

유승훈・정군오, “전력소비와 경제성장의 인과관계 분석”, 산업경제연구, 제17권 제1호 통권51호, pp.81~94, 2004.

임재규, 「산업부문의 전력수요관리정책 추진방향에 대한 연구」, 에너지경제연구원, 기본연구보고서, 2013.

조정환・강만옥, 「자원・환경 위기시대에 대비한 에너지가격개편 추진전략 연구」, 한국환경정책평가연구원, 기본연구보고서, 2012.

진상현・황인창, “지자체의 온실가스 배출특성에 관한 지수분해 분석: 에너지부문을 중심으로”, 환경정책, 제17권 제3호, pp.101~128, 2009.

Ang, B. W., “Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: Which is the Preferred Method?”, Energy Policy, Vol.32, pp.1131~1139, 2004.

Ang, B. W., “The LMDI Approach to Decomposition Analysis : a Practical Guide”, Energy Policy, Vol.33, pp.867~871, 2005.

ABSTRACT

Decomposition Analysis on the Electricity and Final Energy Consumption Efficiency of Korea's Industrial Sector: Using the LMDI Approach

Jaekyu Lim* and Jong-ik Kim**

This paper analysed the cause of the change of electricity and final energy consumption in industrial and manufacturing sectors by utilizing LMDI decomposition methodology. For industrial sector, the increase of power consumption was led by the expansion of production activities (activity effect) and the structural change toward power-intensive industries (structure effect). For manufacturing sector, however, the production effect in power consumption was larger than the case of industrial sector. On the other hand, the structure effect led the fall of power consumption, largely caused by the structural change towards fabricated metal industry. Meanwhile the intensity effect contributed to the increased of power consumption. These results indicate that efforts for saving and efficiency improvement in power consumption were insufficient in manufacturing sector.

Key Words : Decomposition Analysis, LMDI, Energy Intensity
JEL Codes : Q40

* Senior Research Fellow, Korea Energy Economics Instituted(main author). jklim@keei.re.kr
** Researcher, Korea Energy Economics Institute(corresponding author). jikim@keei.re.kr