

# 우리나라 1차 에너지와 최종 에너지 소비 변화요인 분해 비교분석

박성준\* · 김진수\*\*

**요약** : 그 동안 에너지 소비 변화요인을 규명하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔다. 그런데 상당수의 연구에서 최종 에너지를 기준으로 분해분석을 수행, 에너지 소비나 이산화탄소 배출량을 집약도, 구조, 생산 효과로 나누어 분석하였다. 그러나 최종 에너지를 기준으로 할 경우 많은 전환 손실이 발생하는 전력 부문으로 인하여 정확한 소비량 변화 요인의 규명이 어려울 수 있다. 이에 본 연구에서는 전력 소비 위주로 변화하고 있는 우리나라의 에너지 소비 구조를 보다 명확하게 반영하여 에너지 소비 변화 요인을 살펴보고자 1차 에너지 소비를 기준으로 지수분해 분석을 수행하였다. 분석 방법론으로는 Refined Laspeyres 모형과 LMDI 모형을 사용하였다. 분석 결과, 1차 에너지를 기준으로 분해분석 한 결과와 최종 에너지를 기준으로 분해분석 결과의 차이가 점차 커지는 경향을 확인하였다. 최종 에너지를 기준으로 분석 한 결과 1981년 대비 2011년 집약도 효과는 0.607배 감소, 구조 효과는 0.227배 증가 한 것으로 나타난 반면, 1차 에너지를 기준으로 분해분석 한 결과를 보면 집약도 효과가 0.236배 감소하고, 구조 효과가 0.434배 증가하는 것으로 분석되었다. 따라서 향후 분해분석 연구 수행에 있어서는 반드시 1차 에너지를 기준으로 분석을 수행해야 할 것이다.

**주제어** : 지수분해분석, 1차 에너지 소비, 최종 에너지 소비, LMDI, Refined Laspeyres

**JEL 분류** : Q4, C6

접수일(2014년 2월 28일), 수정일(2014년 6월 18일), 게재확정일(2014년 6월 20일)

<sup>†</sup> 논문의 완성도를 높이기 위하여 유익한 조언을 아끼지 않은 익명의 심사위원들과 편집위원께 감사드립니다.

\* 한양대학교 자원환경공학과 석·박사통합과정, 제1저자(e-mail: sjpark13@hanyang.ac.kr)

\*\* 한양대학교 자원환경공학과 조교수, 교신저자(e-mail: jinsookim@hanyang.ac.kr)

# A Comparison of Decomposition Analyses for Primary and Final Energy Consumption of Korea

Sungjun Park\* and Jinsoo Kim\*\*

**ABSTRACT :** There has been a lot of studies to identify the driving forces of energy consumption. Many of them decomposed the final energy consumption into the intensity effect, structural effect, and production effect. Those approach, however, could not consider the transformation loss during the electric power generation. Therefore, in this study, we conducted a decomposition analysis on the primary energy use basis to reflect that transformation loss. Log mean Divisia index and refined Laspeyres methods were used for the index decomposition. As results, we could find out that the difference between two approaches were definite. The intensity effect in 2011 is -0.607 times against 1981 in the final energy case, but -0.236 times in the primary energy case. The structure effect in 2011 is 0.227 times against 1981 in the final energy case, but 0.434 times in the primary energy case. Therefore, an analysis on the primary energy basis is essential when conducting a decomposition analysis.

**Keywords :** Index decomposition analysis, Primary energy supply, Final energy consumption, LMDI, Refined Laspeyres

---

Received: February 28, 2014. Revised: June 18, 2014. Accepted: June 20, 2014.

\* Dept. of Natural Resources and Environmental Eng., Hanyang University  
(e-mail: sjpark13@hanyang.ac.kr)

\*\* Dept. of Natural Resources and Environmental Eng., Hanyang University, Corresponding author  
(e-mail: jinsookim@hanyang.ac.kr)

## I. 서론

국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)에 따르면 에너지 효율 향상은 앞으로의 에너지 안보, 경제성장 그리고 환경보전을 위해 반드시 필요한 요소이다(IEA, 2012). 또한 세계적으로 에너지 수요가 증가하고 에너지 가격이 상승함에 따라 기후변화 이슈가 쟁점으로 부상하고 있으며 이에 따른 에너지 효율 향상에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 한국은 에너지 다소비 산업인 제조업이 중심이 되는 산업구조를 가지고 있어 에너지 절감 및 효율 향상을 위한 지속적인 노력이 필요하다. 또한 많은 전환손실이 발생하기 때문에 이를 반영한 실질적인 에너지 효율을 고려해야 하는 전력 부문의 사용량이 점차 증가하고 있다. 앞으로 대규모 전력원의 증설이 쉽지 않은 상황에서도 산업부문의 전력 소비량은 3% 이상의 높은 증가세를 유지하고 있기 때문에 전환 효율 향상을 위한 지속적인 노력과 함께, 에너지 소비 구조를 점검해 볼 필요가 있다.

이를 위해서는 산업부문의 에너지 소비 구조를 규명하기 위한 정량적인 분석이 수행되어야 하며 이에 본 논문에서는 분해분석(decomposition analysis) 방법론을 이용하여 우리나라 전체 산업의 1차 에너지 기준으로 변환한 에너지 소비량과 최종에너지 기준 에너지 소비량의 변화요인을 분해분석하였다. 분해분석방법은 국가 수준의 에너지나 온실가스 배출에 영향을 미치는 구조적 요인이나 에너지 효율 개선의 영향을 분석하고자 할 때 주로 사용되는 방법론이다(Greening et al., 2007).

많은 기존의 연구에서는 최종에너지를 기준으로 한 분해분석만을 시도하고 있지만 전력의 변환 효율이 평균 34%로 낮기 때문에 전력을 많이 사용하는 업종이나 분석 연도의 에너지효율이 전력을 적게 사용하는 업종이나 연도보다 높게 나타나는 문제점이 대두되고 있다(박희천, 2001). 즉, 에너지 원단위로 가중평균한 생산량인 물량생산지수(physical production index)의 측면에서 보면 전력을 많이 사용하는 산업구조 하에서는 같은 양을 생산하더라도 에너지 소비량이 많다고 이야기 할 수 있다. 때문에 본 연구에서는 첫째, 1차 에너지 기준 소비량 분해분석 결과와 최종 에너지 기준 소비량 분해분석 결과 간의 차이를 지수분해분석방법론을 사용하여 비교 분석하고, 둘째, 한국의 전체 산업과 전력 소모가 큰 제조업의 에너지 소비 변화요

인을 비교하여 알아보고자 한다. 한국은 최종 에너지 소비에서 전력 소비량이 차지하는 비중이 24.5%로 OECD 평균(21.86%)보다 2.64% 포인트, 세계 평균(17.7%)보다 6.8% 포인트 높기 때문에 1차 에너지를 분해분석하여 에너지 원단위 변화를 재검토해 보고 최종 에너지 소비 분해분석 결과와 비교해 보고자 하였다.

## II. 선행 연구

### 1. 국내 선행 연구

박희천(2001)은 한국 제조업의 에너지 원단위 증가와 에너지소비량의 증가 요인을 알아보고자 부가가치 대신 물량 에너지 효율 지표를 사용한 새로운 모형을 구축한 뒤, Ang(1995)이 제안한 simple average parametric Divisia method 2 방법론을 적용하여 분해분석 하였다. 기존의 GDP를 사용할 경우 에너지효율을 정확히 설명하지 못하기 때문에 GDP 대신 물량생산지수로 대체할 것을 제안했다. 특히 최종에너지가 아닌 1차 에너지 자료를 사용하여 전력을 많이 사용하고 있는 제조업의 에너지 소비량을 분석했으며, 통계 자료의 부재로 물량생산지수 대신 산업생산지수를 이용하였다. 결론적으로 한국 제조업의 에너지 효율은 크게 감소하였으며 구조효과를 제거한 물량 에너지 원단위가 증가한다고 부가가치 에너지 원단위가 증가하지는 않으며, 보다 강한 에너지 효율화 정책을 시행해야 함을 제안했다. 또한 이 연구에서는 산업생산지수를 사용하여 분석했기 때문에 물량생산 변동과 업종 내 제품생산 구조변화에 따른 에너지 원단위 변화가 제대로 반영되지 않았다는 문제점을 제시했다.

오진규(2003)는 한국의 제조업 부문 에너지 효율을 분석하여 향후 에너지 정책의 방향성을 평가하였다. 1981년에서 2001년까지의 제조업 부문 에너지 소비량 변화를 80년대('81~'90년), 90년대('90~'97년), 그리고 외환위기 이후('97~2001년)의 3구간으로 구분하여 로그 평균 가중 디비시아 지수(log mean Divisia index, LMDI) 방식으로 분해분석 하였다. 분석 결과 80년대는 고유가가 지속되었던 시기로 에너지 효율이 크게 개선됨을 보이며, 90년대에는 저유가로 전환됨에 따라 에너지효율이 낮아졌음을 보였다. 외환위기 이후에는 에너지소비 증가율과 에너지와 부가가치

탄성치가 낮아졌으며 이는 산업구조가 에너지 저소비형으로 전환됨에 따라 나타나는 현상이라고 결론지었다. 따라서 지속 가능한 에너지 전략을 위한 에너지 효율 극대화를 이루기 위해 보다 적극적인 정책을 제시할 것을 주장하였다.

나인강·이성근(2008)은 분해분석 방식을 이용하여 현재 에너지 효율 개선이 얼마나 효과를 거두고 있는지를 알아보고 있으며, 분해분석 뒤 이를 계량 방법론으로 추가 분석하여 지수분해분석 방법을 확장 시킬 것을 제안하였다. 객관적이고 정량적인 분석을 위해 LMDI으로 분해분석한 뒤 계량 모형인 *seemingly unrelated regression* 을 이용하여 분해 결과를 분석하였다. 분해분석 한 결과를 다시 추세 분석 한 결과, 기존의 분해분석 방법으로는 반영되지 않았던 점인 에너지 가격이 에너지 원단위 효과를 설명하고 있음을 밝혀내었다. 에너지 가격은 제조업의 에너지 원단위를 증가시키고, 부가가치는 감소시키는 것으로 분석되어 에너지 가격이 상승하면 에너지 사용량이 줄고, 부가가치가 증가하면 사용량이 늘어나는 것으로 나타났다.

김화영·김지효(2008)는 국내 총 산업부문의 에너지유 사용량을 여러가지 분해분석 방법론을 이용하여 비교 분석하였다. LMDI I, LMDI II, AMDI와 Laspeyres, Paasche, Fisher, 그리고 Marshall-Edgeworth 분해분석 방법론을 적용하였으며, 분석 결과 총 산업부문의 에너지유 사용량 변화는 에너지 원단위가 가장 크게 영향을 미치고 있는 반면 구조 효과는 그 영향이 미미한 것으로 나타났다. 결론적으로 어떤 방법론을 선택하든지 그 결과는 크게 변하지 않지만, 기준년도 고정 및 변경 방식의 적용에 따라 결과가 달라지므로 기준년도 설정 방식을 결정하는데 주의를 기울일 것을 주장하였다. 또한 분석 결과 총 산업부문은 제조업의 영향이 가장 크게 나타나고 있으므로 추가 연구의 필요성을 제시하였다.

임재규·김종익(2013)은 LMDI를 이용하여 한국의 산업부문, 제조업 부문의 에너지 소비 변화와 더불어 전력 소비 변화를 분해분석하였다. 전력 수급 문제가 계속적으로 발생하고 있는 상황에서 산업부문 특히, 제조업 부문에서 전력화 현상이 빠르게 진행되고 있으며, 이에 따른 전력수요관리정책의 추진 방향에 대해 분석하였다. 분석 결과 산업부문의 전력소비효율이 미미하게 향상되고 있지만 생산효과의 증대와 전력다소비업종으로 산업구조의 변화에 의해 전력소비 증가가 발생하는 것으로 나타났다. 반면 제조업에서는 전력소비가 감소하는 구조로 변화하는 형태로 변화하

고 오히려 에너지 효율을 나타내는 집약도 효과는 전력소비를 증가시키는 것으로 분석되었다. 이에 본 논문은 전력수급문제를 해결하기 위해 전기 가격 정책을 통해 산업 부문에서 에너지 절감을 유도할 필요성을 언급하고 있다. 또한 전력사용기기의 효율성을 향상시키고 보급 확대를 하기 위한 정부의 지원이 필요할 것임을 제시하였다.

이상의 국내 연구들은 기존의 방법론을 발전시켜 분석하거나 각 방법론들을 비교 분석하여 각 요소를 설명하고 정책제안을 하였으나, 최종 에너지를 기준으로 분석하였고 매년의 변동성을 고려하지 않고 있다. 본 연구에서는 보다 정확한 분석을 위해 1차 에너지 소비량 자료를 이용하여 1981년부터 2011년 까지 매년의 변동을 기준년도 고정 방식(fixed based year)으로 분해분석 하였다.

## 2. 해외 선행 연구

Boyd et al.(1988)은 분해분석에 있어서 기존의 Laspeyres와 Paasche 방식과 달리 시계열에 따라 가중치가 변하면서 적용되어 좀 더 정확한 분해분석을 할 수 있는 Divisia 지수 모형을 제안하였다. 이 연구에서는 1959~1981년 사이에 미국 제조업의 전력 소비량 변화를 분해분석 하고 Reitler et al.(1987) 모형의 결과와 비교하였다. 기존의 Reitler et al.(1987)모형에서 1959~1971년과 1971~1981년 두 시기를 분해분석한 결과의 합과 1959~1981 사이를 분해분석한 결과가 다르게 나오며 이를 근거로 Divisia 지수 모형의 결과가 더 정확한 분석이라 주장하였다.

Choi et al.(1995)는 산업에너지 소비를 알아보기 위해 Divisia 방식을 이용하여 에너지 원단위를 분해분석 하였다. 요소는 생산 구조변화와 분야별 에너지 원단위 변화를 고려하였으며 한국의 제조업 데이터를 이용하여 분석을 수행하였다. 분석 결과 1988년 이래로 에너지 소비의 총 원단위는 증가해왔으며 이는 실제 에너지 원단위의 증가로 인한 것으로 나타났다. 반면 구조 변화와 연료대체 효과는 미미하였다. 에너지 소비량 변화는 원단위 효과, 생산효과로 분해하고 원단위 효과는 다시 실제 에너지 원단위 효과와 구조효과로 분해하며, 실제 에너지 원단위 효과는 다시 연료 효율과 잔차로 분해시켜 분석하였다. 이 연구는 1981~1992년 동안의 총 에너

지 소비, 전력소비, 연료 소비를 분해분석 하였는데, 결론적으로 총 에너지 소비의 에너지 원단위 변화는 주로 원단위 효과에 의한 것을 알 수 있었으며, 구조 효과는 거의 안정적인 것으로 나타났다.

Choi et al.(2003)은 LMDI 방식의 두 가지 방법, 즉 승법적(multiplicative) 방식과 가법적(additive) 방식을 비교 분석하였다. Ang and Zhang(2000)에서 제안하고 있는 이 두 가지 방법론을 수정하여 정규화 과정을 거쳐 싱가포르와 대만 산업의 에너지 원단위를 분해분석 하여 비교하였다. 분석 결과 승법적 방식과 가법적 방식의 시계열 변화는 매우 비슷한 양상을 보이고 있는 것으로 나타나 결국 거의 유사한 결론을 내릴 수 있는 두 가지 대안이 있음을 밝힌 바 있다.

Ang(2005)은 LMDI의 승법 분해와 가법 분해를 위한 실제적인 기술적 분석 가이드라인을 제시하였다. 승법 분해는 비율로 분해하여 분석하는 방식으로, 가법 분해는 변화율로 분해하여 분석하는 방식을 제안하였으며 두 방식 다 로그평균을 가중치로 사용한다. 이 연구에서는 1990~2000년 동안 캐나다 산업의 에너지 소비량 변화를 앞서 언급한 두 가지 방법을 적용시켜 분해분석 하였다. 결론적으로 캐나다의 산업 에너지 소비량 증가는 주로 산업 활동 효과로 인한 것이며 산업구조와 에너지 원단위는 에너지 효율 증가로 인해 에너지 소비량 감소에 영향을 주는 것으로 나타났다.

Zhao et al.(2014)은 일본과 중국의 제조업 부문 에너지 소비를 분해분석하였다. 산업 에너지 효율이 가장 좋은 나라 중 한 곳인 일본과 가장 큰 소비국인 중국의 분해분석 결과를 가지고 에너지 정책과 소비 변화를 비교하였다. 분해분석 결과는 일본과 중국의 제조업에서 에너지 효율이 크게 증가한 것으로 나타났고 구조 효과도 에너지 집약도를 감소시켜 온 것으로 분석되었다. 또한 이 분석 결과를 각 국가의 정책과 연관시켜 설명하였다. 일본의 경우 두 번의 석유 파동 시기에 각기 다른 정책을 시행함으로써 그에 따른 에너지 효율 결과를 비교하였으며 중국의 경우 정책 변화에 따른 에너지 집약도와 구조 변화를 분석하였다. 이러한 결과를 바탕으로 국가 에너지 효율 정책이 제조업의 에너지 절감에 중요한 역할을 하고 있음을 강조하였다.

### III. 분해분석 방법론

본 연구에서는 한국 산업 부문 에너지 소비변화를 Sun(1998)에서 제안한 Refined Laspeyres 분해 모형과 Ang et al.(1998)이 제안한 LMDI 모형을 사용하여 분해분석하였다. 기존의 분해 결과 해석 시 잔차는 명확한 설명이 불가능한 요인으로 고려되며 분해분석의 한계점으로 지적되어 왔다. 반면 이 두 가지 모형은 잔차 문제를 해결한 방법으로 본 연구에 적용되었다.

Sun(1998)의 Refined Laspeyres 분해 모형은 분해분석 시 발생하는 잔차를 각 요소에 산술평균으로 분배하여 넣어줌으로서 해결하는 방법론으로 분해분석 방법의 확실성과 정확도를 향상시킨다. 에너지 소비 변화량을 생산 효과, 에너지 원단위 효과, 구조 효과로 나누어 분석하게 되며, 식(1)과 같은 에너지 소비량의 변화를 식(2)와 같이 가법적으로 분해한다고 했을 때, Refined Laspeyres 방식으로 분해한 분해식은 식(3)~(5)와 같이 표현된다.

$$E_t = \sum_i E_{i,t} = \sum_i \frac{E_{i,t}}{Y_{i,t}} \frac{Y_{i,t}}{Y_t} Y_t = Y_t \sum_i I_{i,t} S_{i,t} \quad (1)$$

$$\Delta E = \Delta E_{pdn} + \Delta E_{int} + \Delta E_{str} \quad (2)$$

· 생산 효과(production effect)

$$\Delta E_{pdn} = \Delta Y \sum_i S_{i,0} I_{i,0} + \frac{1}{2} \Delta Y \sum_i (I_{i,0} \Delta S_i + S_{i,0} \Delta I_i) + \frac{1}{3} \Delta Y \sum_i \Delta S_i \Delta I_i \quad (3)$$

· 집약도 효과(intensity effect)

$$\Delta E_{int} = Y_0 \sum_i S_{i,0} \Delta I_i + \frac{1}{2} \sum_i \Delta I_i (Y_0 \Delta S_i + S_{i,0} \Delta Y) + \frac{1}{3} \Delta Y \sum_i \Delta S_i \Delta I_i \quad (4)$$



· 구조 효과(structure effect)

$$\Delta E_{str} = Y_0 \sum_i I_{i,0} \Delta S_i + \frac{1}{2} \sum_i \Delta S_i (Y_0 \Delta I_i + I_{i,0} \Delta Y) + \frac{1}{3} \Delta Y \sum_i \Delta S_i \Delta I_i \quad (5)$$

여기서,  $Y_0, Y_t$  : 총 GDP (실질 GDP)

$E_0, E_t$  : 총 에너지 사용량

$Y_{i,0}, Y_{i,t}$  : i 부문의 GDP

$E_{i,0}, E_{i,t}$  : i 부문의 에너지 사용량

$I_{i,0}, I_{i,t}$  : i 부문의 에너지 원단위 ( $I_{i,0} = E_{i,0} / Y_{i,0}$ )

$S_{i,0}, S_{i,t}$  : i 부문의 GDP 비중 ( $S_{i,0} = Y_{i,0} / Y_0$ )

Ang et al.(1998)의 LMDI 모형 또한 잔차가 발생하지 않도록 완전히 분해분석 할 수 있는 방법론이다. 로그 평균 가중치(logarithmic mean weight)를 적용하여 비교적 간단히 계산할 수 있고, 특히 시계열 자료를 분석할 때 소비 변화량이 없는 이른바 “영의 값” 문제도 약간의 수학적 조정과정을 거쳐 해결할 수 있어 적용이 쉬운 장점을 가지고 있다. 또한 순간변화율 정리와 디비지아 적분을 이론적 바탕으로 하고 있기 때문에 분해식과 가중치에 대한 이론적인 배경도 강건하다(Ang and Choi, 1997; 최기홍, 2000). Refined Laspeyres 방식의 산술평균 대신 로그평균을 가중치로 사용하며 이에 대한 수식은 다음과 같다.

$$L(E_{i,t}, E_{i,0}) = \frac{E_{i,t} - E_{i,0}}{\ln(E_{i,t} / E_{i,0})} \quad (6)$$

이 때, 식(2)와 같은 가법분해에 따른 에너지 소비 변화요인에 대해 LMDI 방식을 따른 각 변화요인은 식(7)~(9)와 같이 정리할 수 있다(Ang et al., 1998).

· 생산 효과

$$\Delta E_{pdn} = \sum_i \left( \frac{E_{i,t} - E_{i,0}}{\ln(E_{i,t}/E_{i,0})} \right) \cdot \ln \left( \frac{Y_t}{Y_0} \right) \quad (7)$$

· 집약도 효과

$$\Delta E_{int} = \sum_i \left( \frac{E_{i,t} - E_{i,0}}{\ln(E_{i,t}/E_{i,0})} \right) \cdot \ln \left( \frac{I_{i,t}}{I_{i,0}} \right) \quad (8)$$

· 구조 효과

$$\Delta E_{str} = \sum_i \left( \frac{E_{i,t} - E_{i,0}}{\ln(E_{i,t}/E_{i,0})} \right) \cdot \ln \left( \frac{S_{i,t}}{S_{i,0}} \right) \quad (9)$$

생산 효과, 집약도 효과, 구조 효과를 식(7)~(9)와 같이 정의하는 경우,  $Y_t I_{i,t} S_{i,t} = Y_t \left( \frac{E_{i,t}}{Y_{i,t}} \right) \left( \frac{Y_{i,t}}{Y_t} \right) = E_{i,t}$  이므로 다음의 식(10)과 같은 과정을 통해서 분해식이 식(2)와 같이 표시됨을 쉽게 보일 수 있다(Ang et al., 1998).

$$\begin{aligned} \Delta E &= \Delta E_{pdn} + \Delta E_{int} + \Delta E_{str} \\ &= \sum_i \left( \frac{E_{i,t} - E_{i,0}}{\ln(E_{i,t}/E_{i,0})} \right) \cdot \ln \left( \frac{Y_t I_{i,t} S_{i,t}}{Y_0 I_{i,0} S_{i,0}} \right) \\ &= \sum_i \left( \frac{E_{i,t} - E_{i,0}}{\ln(E_{i,t}/E_{i,0})} \right) \cdot \ln(E_{i,t}/E_{i,0}) \\ &= \sum_i (E_{i,t} - E_{i,0}) = \sum_i \Delta E_{i,t} \end{aligned} \quad (10)$$

#### IV. 분석 결과

우리나라의 1차 에너지 소비와 최종에너지 소비의 변화 요인을 분석하기 위하여

1981년부터 2011년까지의 실질 GDP 자료와 IEA(2013)에서 발표한 World Energy Balances 자료를 사용하였다. 실질 GDP 자료는 통계청 국가통계포털(KOSIS, <http://kosis.kr/>)에서 획득하였다. World Energy Balance 자료와 GDP 자료는 산업 분류가 다소 차이가 있기 때문에 14개의 산업 분류로 통합·조정<sup>1)</sup> 하였으며(<표 A-1>), 산업 분류 별 1차 에너지 소비량을 추정하기 위하여 산업별 최종에너지 소비량 자료를 기반으로 전력과 석유 및 석탄 제품, 도시가스의 전환손실과 자가소비를 고려하였다<sup>2)</sup>.

<그림 1>과 같이 총 산업의 실질 GDP의 증가는 상업 및 공공(commercial and public services) 분야의 성장이 가장 큰 영향을 미치고 있는데, 2011년의 성장률은 1981년 대비 557%에 이른다. 또한 1998년 이후로 기계 산업(machinery)에서 급격한 성장이 이루어져 1998년 대비 595%의 증가율을 보이고 있다.

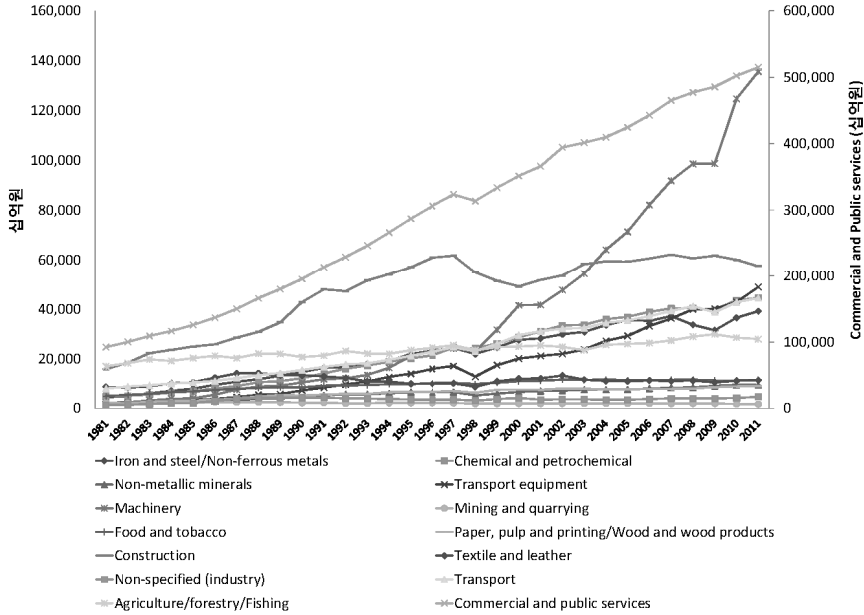
<그림 2>는 World Energy Balance의 1981~2011년까지 에너지원별 최종 에너지 소비량을 보여주는 그래프로, 석유제품의 비중이 상당히 크나 최근 점차 감소하여 2011년 기준 38%의 비중을 차지하고 있으며 전력 소비량은 1981년 대비 1,386% 증가하여 2011년에는 석유제품 소비량에 근접하고 있다. 반면 제조업 부문의 에너지 소비량에서 석유제품의 소비량은 1994년을 기점으로 급격히 감소했으며 전력 소비량은 점점 증가하여 2011년에는 전력소비량이 석유제품 소비량의 약 5배까지 증가하였다.

---

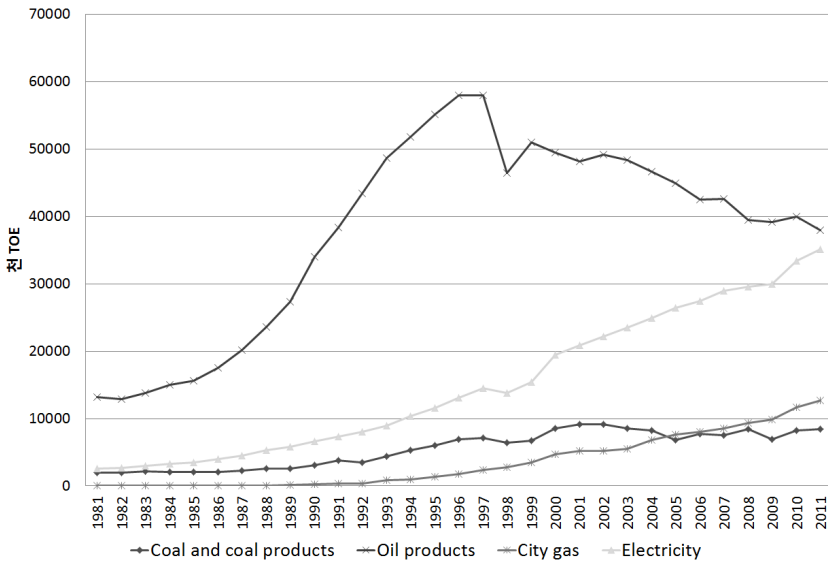
1) 산업연관표를 사용하는 구조분해분석 방식을 사용하지 않는 한 지수분해분석의 산업 분류는 에너지 통계의 산업분류의 수로 제약을 받는다. 우리나라 에너지 통계는 산업부문은 14개로 분류하고, 수송, 가정, 상업, 공공 부문의 소비량을 따로 집계하고 있다. 그런데 에너지 통계와 GDP 통계의 산업분류가 완전히 일치하지는 않기 때문에 본 연구에서는 일부 산업을 통합하여 총 14개의 산업 분류로 분석을 수행하였다(<표 A-1> 참조).

2) 본 연구에서는 산업 부문 별 최종 에너지 소비량을 1차 에너지로 전환하기 위하여 고정된 전환계수나 손실율을 사용하지 않고, 각 연도의 Energy Balance 자료에 제시된 발전에 투입된 총 1차에너지를 집계하는 방식을 사용하였다. 이러한 방식이 고정된 전환계수나 손실율을 사용하는 방식보다 더 정확하게 현실을 반영한다고 할 수 있다.

〈그림 1〉 부문 별 실질 GDP 변화 (1982~2011)



〈그림 2〉 에너지원 별 최종 에너지 소비량 (1981~2011)



본 연구에서는 기준년도 고정 방식을 통하여 분해분석을 하여 1981년을 기준으로 시간에 따른 변화를 알아보았다. 또한 본 연구의 목적인 1차 에너지의 변화 추이를 알아보고자 최종에너지 소비량과 1차 에너지 소비량을 각각 분해, 비교분석 해 보았다. 1차 에너지 소비량을 얻기 위해 최종에너지의 전력 발전에 사용된 에너지 소비량과 모든 에너지원의 자가 소비량 및 손실을 전환해주었으며, 전 산업의 변화와 제조업만의 변화 차이를 비교해 보았다<sup>3)</sup>. 방법론은 Refined Laspeyres 분해 모형과 LMDI 모형을 모두 사용하였다.

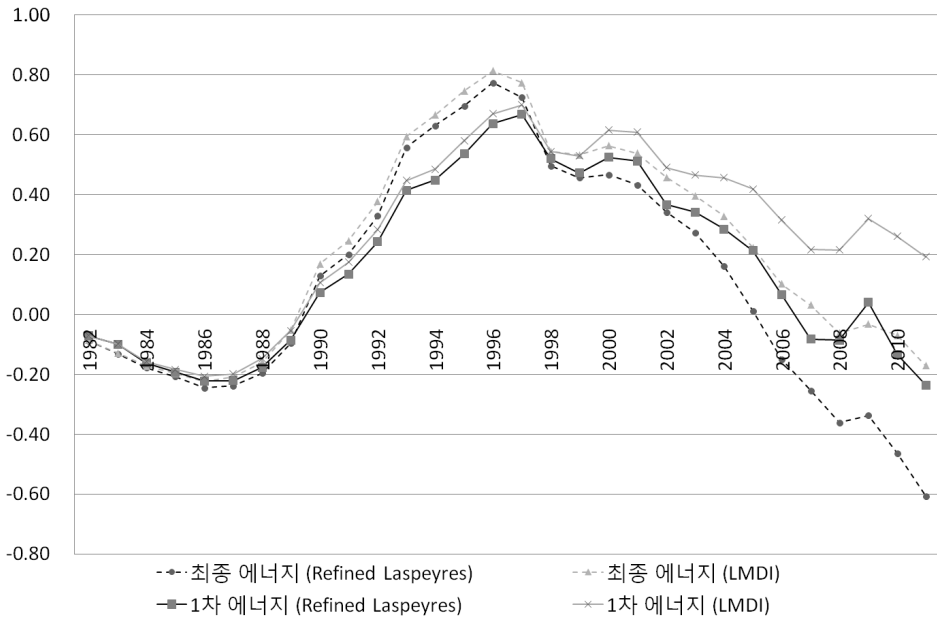
다음의 <그림 3>~<그림 6>은 Refined Laspeyres 분해 모형과 LMDI 모형으로 분해분석한 결과를 1981년 에너지 소비량 대비 증가율로 전환한 그래프이다. LMDI 모형을 통한 분석 결과는 Refined Laspeyres 분해 결과에 비해 충격(변화량)이 강조되어 나타나는 것을 볼 수 있으며 이는 로그평균을 사용하는 LMDI 방식에 기인한다(Kim, 2010). 전체적으로 집약도 효과는 1997년 까지 상승하다가 점차 감소하는 추세를 보인다. 반면 구조 효과는 전 산업 분야에서는 감소하다가 1997년 이후로 증가하고 제조업 분야는 1992년 이후로 감소하는 경향을 보이고 있다. 그리고 1997년 IMF와 2008년 금융 위기로 인해 충격이 생기는 것을 볼 수 있다.

<그림 3>~<그림 4>는 전 산업을 대상으로 분해분석을 수행하였을 때 1차 에너지와 최종에너지의 변화를 보여준다. 집약도 효과와 구조 효과의 추세는 비슷하게 흘러가나 최근에 이를수록 그 변화가 커지는 것을 볼 수 있다. 집약도 효과는 1996~1997년 이후로 감소하는 경향을 보이지만 1차 에너지로 변환했을 때 그 감소폭이 작아진다. 특히 LMDI 모형 결과에서 2011년 최종 에너지의 집약도 효과는 1981년 대비 0.171배 감소한 반면 1차 에너지는 오히려 0.192배 증가하였다. 이것이 실제 전력 발전에 사용된 에너지 소비량을 무시함으로써 생기는 전력 왜곡 현상으로서, 최종 에너지를 기반으로 한 분석 결과로는 집약도 효과가 감소함으로 에너지 효율이 증가한 것처럼 보이나, 발전을 위한 에너지 소비량을 고려한다면 실제 에너지 효율은 하락했다는 것을 보여준다.

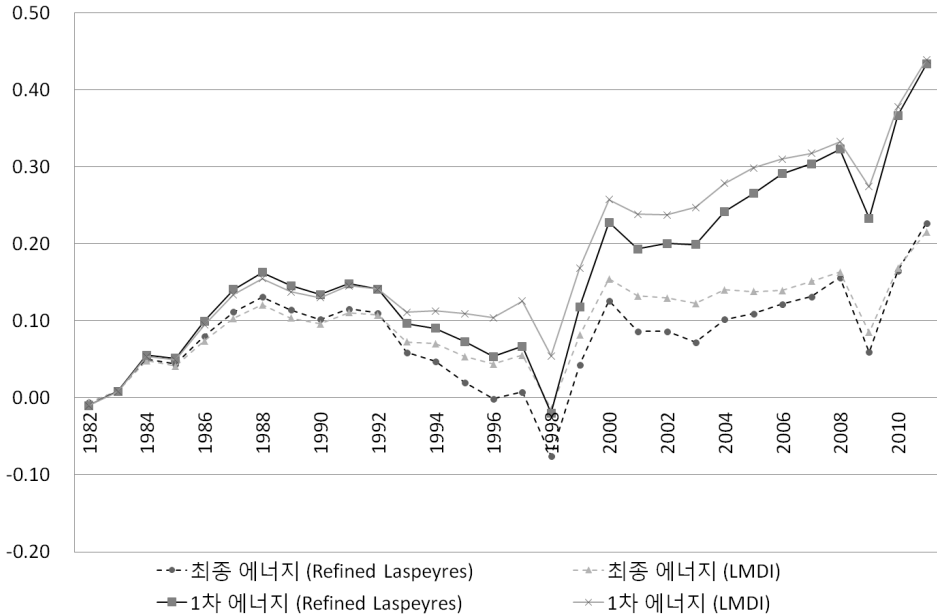
3) 지수분해분석 방법론은 방법론의 구조 상 에너지 소비량을 분석할 경우 각 산업 별 집약도, 구조, 생산 효과를 분석할 수는 없다. 에너지 집약도의 변화를 분해분석 할 경우 산업 별 분석이 가능하지만 본 논문의 목적이 이 1차 에너지를 기준으로 했을 경우와 최종 에너지를 기준으로 분해했을 경우의 차이를 보이는 것이기 때문에 산업 별 분석 결과는 수행하지 않았다.

구조 효과는 IMF와 금융위기를 제외하면 대체적으로 증가하는 추세를 보이고 있으나 최종 에너지 기준 증가율이 1981년 대비 2011년에 0.215배로 크지 않다. 즉, 산업구조의 변화는 에너지 소비 변화에 크게 영향을 끼치지 못하였다고 해석 가능하다. 하지만 1차 에너지 기준으로 분석했을 경우 0.439배로 대폭 증가하는 것을 볼 수 있으며 이는 산업구조가 전력 다소비 형태로 변화하고 있다는 것을 나타낸다. 결국 산업 구조는 실제로 전력을 점점 더 많이 사용하는 형태로 변환되어 왔음에도 최종 에너지로 분석을 하게 되면 이 변화가 과소평가 될 수 있다.

〈그림 3〉 전 산업의 집약도 효과 (1981~2011)



<그림 4> 전 산업의 구조 효과 (1981~2011)



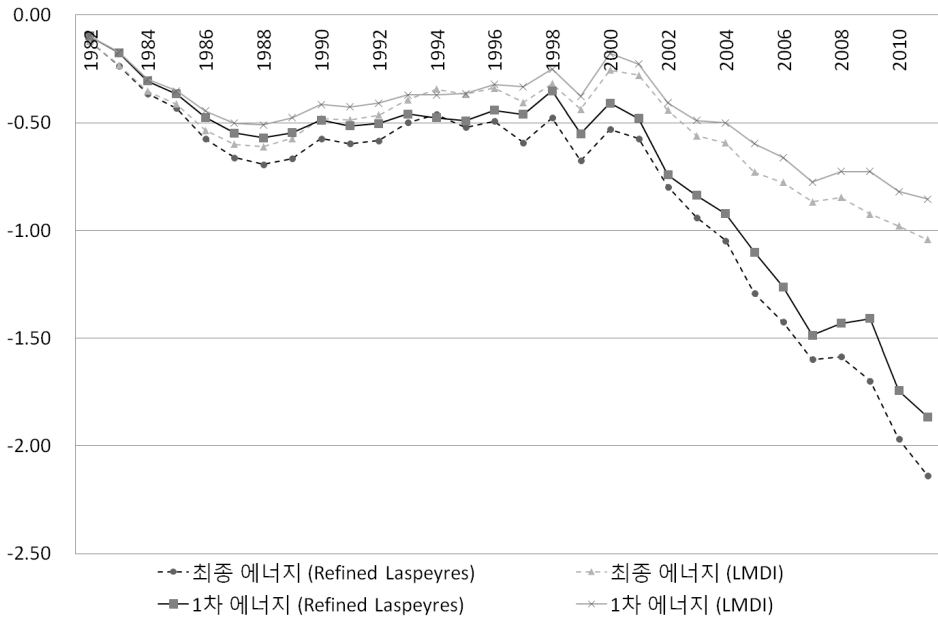
<그림 5>~<그림 6>은 제조업만을 대상으로 분해분석 한 결과이며 전 산업을 대상으로 했을 때와는 다른 양상을 보여주고 있다. 이는 GDP 구성 요소 중 매우 큰 부분인 상업 및 공공 분야가 제외되어 나타나는 것으로, 이들 부분이 전체 GDP에서 차지하는 비중이 2011년 53%에 이른다. 이로 인한 집약도 효과와 구조 효과의 변화가 상당한 것을 확인할 수 있다.

분석 결과, 집약도 효과는 1997년 이후로 전 산업 분야와 마찬가지로 제조업 부문에서도 감소하고 있으며 이는 에너지 효율이 전반적으로 증가하고 있음을 보여준다<sup>4)</sup>. 하지만 구조 효과의 경우, 전 산업에 대한 분석 결과와는 달리 지속적으로 감소하는 경향을 보이고 있으며 이는 에너지 소비가 감소하는 구조로 변하고 있음을 의미한다. 그리고 2011년의 최종 에너지 기준 증가율이 1981년 대비 -0.562배로 산

4) 분해분석에 있어서 집약도 효과는 산업구조의 변화를 통제한 결과이기 때문에 단순히 계산된 집약도 보다는 에너지 효율을 보다 잘 반영한다고 할 수 있다. 그러나 여전히 산업의 생산구조 변화는 반영하지 못하고 있으므로 ‘에너지 효율’에 대한 해석 시 이를 유의하여야 한다.

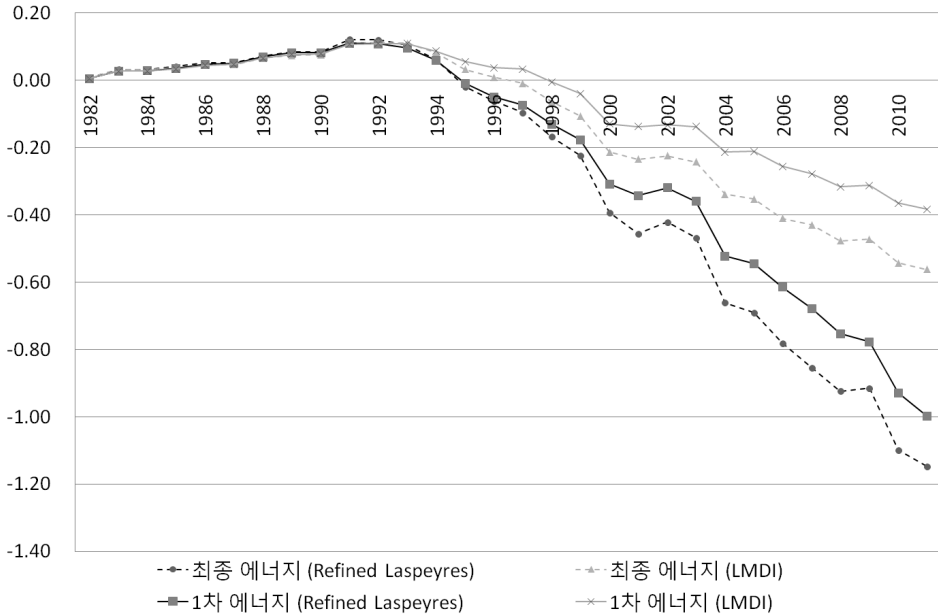
업 구조가 에너지 소비를 비교적 크게 감소시키는 추세로 변화되어 온 것으로 보이지만 1차 에너지 기준 증가율을 보게 되면 -0.383배로 그 효과가 줄어들었다. 이는 결국 전체 에너지 소비에서 제조업 분야가 차지하는 비중이 줄었음에도 전력소비 비중이 높기 때문에 최종 에너지 기준의 분석 결과는 전 산업 분야의 경우와 마찬가지로 과소평가 되고 있으며, 1차 에너지를 기준으로 한 분해분석의 필요성을 보여 주고 있다고 할 수 있다.

〈그림 5〉 제조업의 집약도 효과 (1981~2011)





〈그림 6〉 제조업의 구조 효과 (1981~2011)

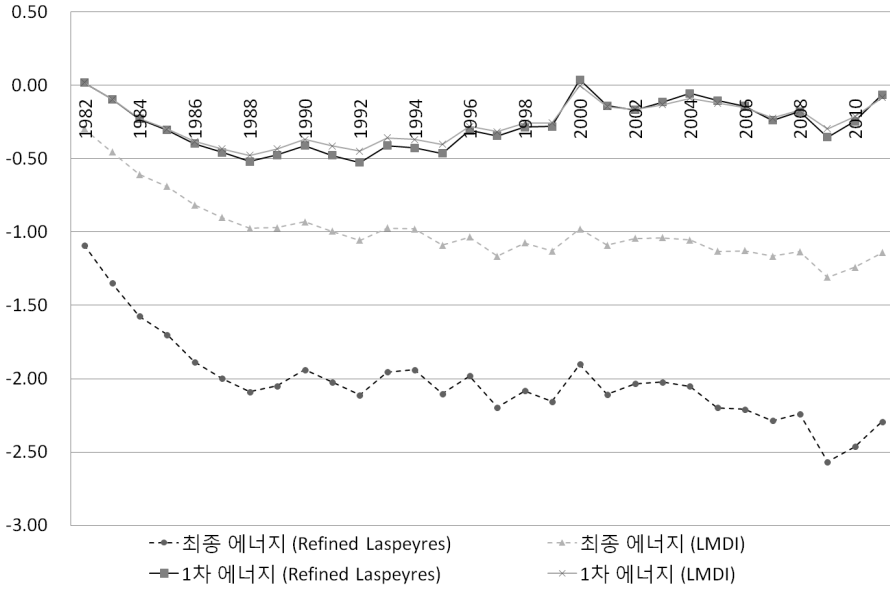


1차 에너지를 기준으로 했을 경우와 최종 에너지를 기준으로 분석할 경우의 차이는 에너지 다소비 산업을 대상으로 분석을 수행했을 때 더욱 분명하게 나타난다. <그림 7>~<그림 8>은 에너지 다소비 산업<sup>5)</sup>에 대한 분석 결과이다. 최종 에너지를 기준으로 했을 경우 집약도 효과와 구조 효과 모두 상당한 수준의 에너지 소비 감소 효과가 있었던 것으로 분석되지만, 1차 에너지를 기준으로 했을 경우에는 상대적으로 에너지 감소 효과가 크지 않았던 것을 알 수 있다<sup>6)</sup>.

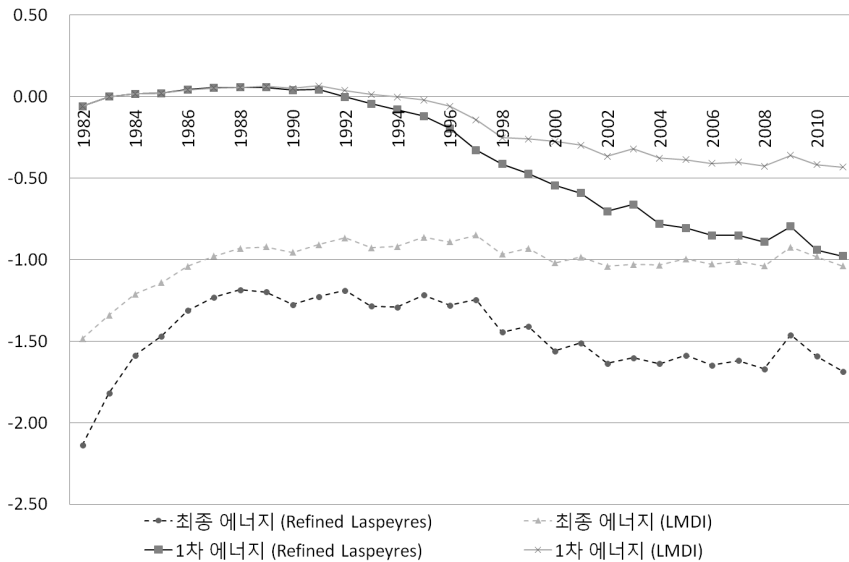
5) 본 연구에서 사용한 분류를 기준으로, 「금속제품 제조업」, 「석유, 석탄 및 화학제품 제조업」, 「비금속 광물제품 제조업」, 「목재, 종이, 인쇄 및 복제업」

6) 에너지 다소비 산업의 경우 Refined Laspeyres 방식과 LMDI 방식의 차이가 매우 크게 나타나는데, 이는 Refined Laspeyres 방식이 잔차 문제를 해결했다고 하더라도 여전히 기준년도를 고정된 지수를 사용하기 때문에 한 요인의 변화가 크게 나타났을 경우 반대급부로 다른 요인의 효과도 크게 측정되기 때문인 것으로 판단된다. 물론 이는 실제 집약도 및 산업 구조 변화에 대한 고찰을 바탕으로 한 상세한 논의가 필요한 사안이다. 그런데 방법론의 우월성에 대한 논의는 본 논문의 주제를 벗어나기 때문에 이에 대한 세부적인 논의는 후속 연구로 남긴다.

〈그림 7〉 에너지 다소비 산업의 집약도 효과 (1981~2011)



〈그림 8〉 에너지 다소비 산업의 구조 효과 (1981~2011)



## V. 결론

본 연구에서는 우리나라 에너지 소비 변화요인을 분석하는데 있어서 그 동안 많은 경우 최종 에너지를 기준으로 분석이 이루어져 온 점에 착안하여, 분해분석 연구에서 1차 에너지 기준과 최종 에너지 기준 분석이 차이를 살펴보고자 하였다. 이를 위하여 에너지 밸런스의 최종 소비량을 1차 에너지 소비량으로 변환하여 전력발전과 자가소비 및 손실에서 오는 왜곡 현상을 보정하여 집약도 효과와 구조 효과의 변화를 분석하였다. 다른 에너지원이 전력으로 전환될 때 많은 손실이 발생함에도 불구하고 1차 에너지 소비량과 최종 에너지 소비 변화 요인을 비교하는 연구는 국내에서 그 사례를 찾아보기 어렵다. 이에 발전효율이 평균 34% 정도로 변환 시 상당한 손실을 가져오는 전력을 1차 에너지 기준으로 전환시키고 석유제품과 도시가스의 자가 소비 및 손실을 보정해준 1차 에너지 소비량을 바탕으로 분해분석을 수행함으로써 실제적인 에너지 소비 변화 요인을 알아보고자 하였다.

분석 결과, 전 산업 부문과 제조업 부문의 차이는 다음과 같다. 전 산업의 집약도 효과는 1986년 이후 1997년 까지 상승하다가 IMF 이후로 에너지 절약과 효율화를 위한 노력이 가속화 되면서 감소하는 경향을 보이고 있다. 반면 제조업의 집약도 효과는 그 상승 및 하강 추세는 비슷하나 1981년 이후로 지속적으로 에너지 소비를 감소시키는 것으로 나타났다. 이는 상업 및 공공 분야의 상대적으로 급격한 성장과 그로 인한 에너지 소비량 증가에 따른 현상으로 판단된다. 구조 효과는 1997~1998년을 기점으로 전 산업과 제조업의 추세가 반대로 나타난다. 전 산업의 구조 효과는 1998년 이후로 급격히 증가하고 있으나 제조업의 구조 효과는 오히려 감소하고 있으며 에너지 소비를 감소시키는 것으로 나타났다.

또 한 가지 주목할 만한 결과는 1차 에너지 소비량을 기준으로 분해분석 한 결과와 최종 에너지를 기준으로 분해분석 결과의 차이가 점차 커지는 경향을 보인다는 것이다. 이는 전력의 변환 효율이 30년간 30%~37%로 거의 변함이 없는 반면 전체 산업구조가 전력 다소비 형태로 변화해 갔기 때문이라 판단된다. 이는 제조업보다 전 산업의 경우에서 차이가 더 확연히 나타난다. 비제조업 분야의 전력 소비량은 1981년 530kTOE에서 2011년 14,158kTOE로 상승하였으며, 상업 및 공공 분야

GDP는 1981 대비 2011년 557%나 증가하였다. 즉, 2011년 기준 전력 소비량이 1981년 대비 13배 정도 증가했기 때문에, 최종 에너지 소비량을 기준으로 에너지 집약도 효과나 구조 효과를 분석할 경우 각 요소를 과대평가 혹은 과소평가 하게 되는 것이다. 최종 에너지를 기준으로 분석 한 결과는 1981년 대비 2011년 집약도 효과는 0.607배 감소, 구조 효과는 0.227배 증가 한 것으로 나타난다. 하지만 1차 에너지를 기준으로 분해분석 한 결과를 보면 집약도 효과가 0.236배 감소하고, 구조 효과가 0.434배 증가 하여 에너지 소비량에 대한 집약도 효과의 영향은 최종에너지 기준 결과 보다 과대평가 되었고 구조 효과는 과소평가 된 것을 확인할 수 있다. 또한 이러한 결과는 에너지 다소비 산업을 대상으로 분석을 수행했을 때 더욱 분명하게 관찰되었다.

이상의 결과에서 알 수 있듯이 발전뿐만 아니라 타 에너지의 자가소비까지 고려된 1차 에너지를 기준으로 분해분석을 수행해야만 보다 정확한 결과를 도출할 수 있다. 따라서 에너지 효율의 과거 추이 평가와 미래 예측, 그리고 에너지 효율 향상과 산업 구조 개편을 위한 정책 수립 시 활용할 지표를 도출하기 위해서는 1차 에너지를 기준으로 한 분석이 필수적이라고 할 수 있다.

## [참고문헌]

1. 국가통계포털, <http://www.kosis.kr>, 통계청, 2013.
2. 김화영·김지효, “주요 분해분석 방법론을 이용한 에너지유 소비변화 분석”, 「한국지구시스템공학회지」 제45권 제2호, 2008, pp. 91-100.
3. 나인강·이성근, “산업부분 에너지 효율 변화요인 분석”, 「자원·환경경제연구」 제17권 제2호, 2008, pp. 255-288.
4. 박희천, “한국 제조업의 에너지효율 향상평가”, 「자원·환경경제연구」 제10권 제2호, 2001, pp. 135-159.
5. 오진규, 『지속가능발전을 위한 에너지부문 전략 연구 -제조업부문 에너지소비 요인 분해 연구-』, 기본연구보고서 03-08, 에너지경제연구원, 2003. 12.
6. 임재규·김종익, “국내 산업부분의 전력·에너지 소비효율 비교·분석: LMDI 요인분해 방법론 활용”, 「에너지경제연구」 제13권 제1호, 2014, pp. 121~143.
7. 최기홍, “화력발전소 효율개선 측정에 대한 디비지아분해기법의 적용”, 「자원·환경

- 경제연구」 제9권 제5호, 2000, pp. 811-827.
8. Ang, B. W., “Decomposition methodology in industrial energy demand analysis,” *Energy*, Vol. 20, No. 11, 1995, pp. 1081-1095.
  9. Ang, B. W., “The LMDI approach to decomposition analysis: A practical guide,” *Energy Policy*, Vol. 33, No. 7, 2005, pp. 867-871.
  10. Ang, B. W. and K.H. Choi, “Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method,” *The Energy Journal*, Vol. 18, No. 3, 1997, pp. 59-73.
  11. Ang, B. W., and F. Q. Zhang, “A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies,” *Energy*, Vol. 25, No. 12, 2000, pp. 1149-1176.
  12. Ang, B. W., F. Q. Zhang, and K. H. Choi, “Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition,” *Energy*, Vol. 23, No. 6, 1998, pp. 489-495.
  13. Boyd, G. A., D. A. Hanson, and T. Sterner, “Decomposition of changes in energy intensity : A comparison of the Divisia index and other methods,” *Energy Economics*, Vol. 10, No. 4, 1988, pp. 309-312.
  14. Choi, K. H., B. W. Ang, and K. K. Ro, “Decomposition of the energy-intensity index with application for the Korean manufacturing industry,” *Energy*, Vol. 20, No. 9, 1995, pp. 835-842.
  15. Choi, K. H. and B. W. Ang, “Decomposition of aggregate energy intensity changes in two measures: Ratio and difference,” *Energy Economics*, Vol. 25, No. 6, 2003, pp. 615-624.
  16. Greening, L. A., Boyd, G., Roop, J. M., “Modeling of industrial energy consumption: An introduction and context,” *Energy Economics*, Vol. 29, No. 4, 2007, pp. 599-608.
  17. IEA, *Energy balances for OECD countries*, Paris, International Energy Agency, 2013.
  18. IEA, *World Energy Outlook*, Paris, International Energy Agency, 2013.
  19. Kim, J., *The relationship between energy consumption and economic growth: Theoretical and empirical issues*, Seoul, Ph.D. dissertation, Seoul National University, 2010.
  20. Reitler, W., M. Rudolf, and H. Schaefer, “Analysis of the factors influencing energy consumption in industry: a revised method,” *Energy Economics*, Vol. 9, No. 3, 1987, pp. 145-148.
  21. Sun, J. W., “Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model,” *Energy Economics*, Vol. 20, No. 1, 1998, pp. 85-100.

22. Zhao, Y., J. Ke, C. C. Ni, M. McNeil, N. Z. Khanna, N. Zhou, D. Fridley, and Q. Li, “A comparative study of energy consumption and efficiency of Japanese and Chinese manufacturing industry,” *Energy Policy*, Vol. 70, No. 1, 2014, pp. 45-56.

〈부록 표 A-1〉 연구에서 사용한 산업 분류

GDP 원자료 (국가통계포털)	연구에서 사용한 산업 분류
금속제품 제조업	Iron and steel/Non-ferrous metals
석유, 석탄 및 화학제품 제조업	Chemical and petrochemical
비금속광물제품 제조업	Non-metallic minerals
운송장비 제조업	Transport equipment
일반기계 제조업	Machinery
전기 및 전자기기 제조업	
정밀기기 제조업	
광업	Mining and quarrying
음식료품 및 담배 제조업	Food and tobacco
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	Paper, pulp and printing/Wood and wood products
건설업	Construction
섬유, 가죽제품 제조업	Textile and leather
가구 및 기타제품 제조업	Non-specified (industry)
운수 및 보관업	Transport
수도	Commercial and public services
도소매 및 음식숙박업	
금융보험업	
부동산 및 임대업	
공공행정 및 국방	
교육서비스업	
보건 및 사회복지	
기타서비스	
정보통신업	
사업서비스	
문화 및 오락서비스업	
농림어업	Agriculture/Forestry/Fishing

우리나라 1차 에너지와 최종 에너지 소비 변화요인 분해 비교분석

〈부록 표 A-2〉 전 산업 최종 에너지 기준 1981년 대비 증가율

Year	Refined Laspeyres			LMDI		
	Intensity effect	Structure effect	Production effect	Intensity effect	Structure effect	Production effect
1981 ~ 1982	-0.088	-0.006	0.081	-0.088	-0.006	0.080
1981 ~ 1983	-0.132	0.009	0.191	-0.130	0.009	0.189
1981 ~ 1984	-0.178	0.050	0.279	-0.172	0.048	0.275
1981 ~ 1985	-0.208	0.044	0.361	-0.198	0.041	0.355
1981 ~ 1986	-0.245	0.081	0.492	-0.224	0.074	0.478
1981 ~ 1987	-0.239	0.112	0.651	-0.209	0.103	0.630
1981 ~ 1988	-0.196	0.131	0.842	-0.159	0.121	0.815
1981 ~ 1989	-0.096	0.114	1.001	-0.053	0.104	0.969
1981 ~ 1990	0.129	0.102	1.261	0.168	0.096	1.227
1981 ~ 1991	0.201	0.115	1.513	0.246	0.111	1.472
1981 ~ 1992	0.329	0.110	1.703	0.377	0.108	1.657
1981 ~ 1993	0.557	0.059	1.956	0.594	0.073	1.905
1981 ~ 1994	0.630	0.048	2.214	0.666	0.071	2.156
1981 ~ 1995	0.696	0.020	2.509	0.746	0.054	2.426
1981 ~ 1996	0.773	-0.001	2.763	0.814	0.044	2.678
1981 ~ 1997	0.724	0.008	2.936	0.774	0.055	2.838
1981 ~ 1998	0.496	-0.075	2.546	0.544	-0.015	2.439
1981 ~ 1999	0.457	0.043	2.881	0.533	0.082	2.767
1981 ~ 2000	0.467	0.126	3.232	0.564	0.155	3.107
1981 ~ 2001	0.433	0.086	3.366	0.538	0.133	3.214
1981 ~ 2002	0.341	0.087	3.603	0.458	0.130	3.443
1981 ~ 2003	0.274	0.072	3.700	0.396	0.123	3.527
1981 ~ 2004	0.161	0.102	3.878	0.328	0.141	3.672
1981 ~ 2005	0.012	0.109	3.982	0.224	0.138	3.742
1981 ~ 2006	-0.150	0.122	4.141	0.102	0.140	3.871
1981 ~ 2007	-0.255	0.132	4.374	0.031	0.152	4.068
1981 ~ 2008	-0.362	0.156	4.420	-0.062	0.163	4.113
1981 ~ 2009	-0.337	0.060	4.422	-0.032	0.085	4.091
1981 ~ 2010	-0.463	0.165	4.849	-0.070	0.169	4.452
1981 ~ 2011	-0.607	0.227	5.000	-0.171	0.215	4.575

〈부록 표 A-3〉 전 산업 1차 에너지 기준 1981년 대비 증가율

Year	Refined Laspeyres			LMDI		
	Intensity effect	Structure effect	Production effect	Intensity effect	Structure effect	Production effect
1981 ~ 1982	-0.071	-0.010	0.081	-0.071	-0.010	0.081
1981 ~ 1983	-0.100	0.008	0.194	-0.098	0.008	0.192
1981 ~ 1984	-0.162	0.055	0.281	-0.157	0.054	0.278
1981 ~ 1985	-0.192	0.052	0.365	-0.184	0.049	0.359
1981 ~ 1986	-0.223	0.100	0.500	-0.207	0.095	0.489
1981 ~ 1987	-0.221	0.141	0.661	-0.198	0.134	0.645
1981 ~ 1988	-0.176	0.163	0.856	-0.147	0.155	0.835
1981 ~ 1989	-0.086	0.146	1.013	-0.053	0.138	0.988
1981 ~ 1990	0.074	0.134	1.251	0.106	0.130	1.222
1981 ~ 1991	0.135	0.149	1.498	0.174	0.146	1.461
1981 ~ 1992	0.243	0.141	1.678	0.284	0.141	1.637
1981 ~ 1993	0.414	0.097	1.907	0.448	0.111	1.859
1981 ~ 1994	0.449	0.090	2.148	0.485	0.113	2.089
1981 ~ 1995	0.536	0.073	2.456	0.581	0.110	2.374
1981 ~ 1996	0.637	0.054	2.723	0.671	0.104	2.638
1981 ~ 1997	0.668	0.067	2.939	0.700	0.126	2.849
1981 ~ 1998	0.520	-0.019	2.592	0.544	0.055	2.493
1981 ~ 1999	0.473	0.118	2.940	0.529	0.169	2.834
1981 ~ 2000	0.525	0.228	3.334	0.616	0.258	3.213
1981 ~ 2001	0.512	0.194	3.483	0.609	0.239	3.341
1981 ~ 2002	0.367	0.201	3.705	0.490	0.238	3.545
1981 ~ 2003	0.342	0.199	3.841	0.466	0.247	3.669
1981 ~ 2004	0.285	0.242	4.074	0.456	0.279	3.866
1981 ~ 2005	0.213	0.266	4.247	0.419	0.299	4.008
1981 ~ 2006	0.067	0.291	4.441	0.315	0.311	4.173
1981 ~ 2007	-0.083	0.304	4.666	0.217	0.318	4.353
1981 ~ 2008	-0.086	0.323	4.793	0.215	0.333	4.483
1981 ~ 2009	0.041	0.233	4.868	0.320	0.274	4.548
1981 ~ 2010	-0.134	0.367	5.326	0.261	0.378	4.920
1981 ~ 2011	-0.236	0.434	5.535	0.192	0.439	5.101



〈부록 표 A-4〉 제조업 최종 에너지 기준 1981년 대비 증가율

Year	Refined Laspeyres			LMDI		
	Intensity effect	Structure effect	Production effect	Intensity effect	Structure effect	Production effect
1981 ~ 1982	-0.122	0.007	0.056	-0.122	0.007	0.056
1981 ~ 1983	-0.234	0.032	0.188	-0.231	0.031	0.186
1981 ~ 1984	-0.364	0.032	0.354	-0.353	0.031	0.345
1981 ~ 1985	-0.432	0.041	0.428	-0.414	0.037	0.413
1981 ~ 1986	-0.575	0.052	0.639	-0.535	0.046	0.604
1981 ~ 1987	-0.662	0.052	0.865	-0.600	0.047	0.808
1981 ~ 1988	-0.693	0.072	1.068	-0.612	0.065	0.994
1981 ~ 1989	-0.666	0.084	1.169	-0.573	0.073	1.087
1981 ~ 1990	-0.573	0.085	1.386	-0.481	0.076	1.302
1981 ~ 1991	-0.598	0.121	1.631	-0.486	0.110	1.530
1981 ~ 1992	-0.583	0.120	1.747	-0.464	0.112	1.636
1981 ~ 1993	-0.499	0.105	1.911	-0.392	0.110	1.800
1981 ~ 1994	-0.462	0.063	2.196	-0.345	0.083	2.059
1981 ~ 1995	-0.521	-0.020	2.474	-0.368	0.032	2.269
1981 ~ 1996	-0.492	-0.062	2.702	-0.340	0.008	2.480
1981 ~ 1997	-0.592	-0.096	2.855	-0.406	-0.009	2.582
1981 ~ 1998	-0.477	-0.168	2.496	-0.319	-0.064	2.234
1981 ~ 1999	-0.676	-0.224	3.060	-0.438	-0.107	2.704
1981 ~ 2000	-0.530	-0.394	3.799	-0.257	-0.214	3.345
1981 ~ 2001	-0.574	-0.457	3.905	-0.279	-0.235	3.388
1981 ~ 2002	-0.798	-0.422	4.158	-0.442	-0.225	3.606
1981 ~ 2003	-0.939	-0.468	4.308	-0.560	-0.243	3.703
1981 ~ 2004	-1.047	-0.661	4.728	-0.594	-0.339	3.952
1981 ~ 2005	-1.292	-0.691	4.899	-0.729	-0.353	3.998
1981 ~ 2006	-1.424	-0.782	5.260	-0.776	-0.411	4.242
1981 ~ 2007	-1.598	-0.855	5.611	-0.867	-0.430	4.455
1981 ~ 2008	-1.586	-0.924	5.765	-0.847	-0.477	4.579
1981 ~ 2009	-1.698	-0.915	5.605	-0.923	-0.472	4.387
1981 ~ 2010	-1.967	-1.099	6.560	-0.979	-0.543	5.015
1981 ~ 2011	-2.137	-1.147	7.002	-1.042	-0.562	5.322

〈부록 표 A-5〉 제조업 1차 에너지 기준 1981년 대비 증가율

Year	Refined Laspeyres			LMDI		
	Intensity effect	Structure effect	Production effect	Intensity effect	Structure effect	Production effect
1981 ~ 1982	-0.098	0.005	0.057	-0.098	0.005	0.057
1981 ~ 1983	-0.174	0.027	0.193	-0.172	0.027	0.191
1981 ~ 1984	-0.307	0.028	0.363	-0.299	0.026	0.356
1981 ~ 1985	-0.367	0.035	0.439	-0.353	0.033	0.428
1981 ~ 1986	-0.476	0.048	0.665	-0.446	0.044	0.639
1981 ~ 1987	-0.548	0.051	0.904	-0.502	0.047	0.861
1981 ~ 1988	-0.570	0.069	1.115	-0.509	0.065	1.058
1981 ~ 1989	-0.546	0.082	1.216	-0.478	0.076	1.153
1981 ~ 1990	-0.488	0.082	1.421	-0.416	0.079	1.352
1981 ~ 1991	-0.515	0.110	1.664	-0.426	0.107	1.578
1981 ~ 1992	-0.504	0.108	1.780	-0.409	0.109	1.684
1981 ~ 1993	-0.459	0.096	1.927	-0.370	0.109	1.826
1981 ~ 1994	-0.476	0.059	2.189	-0.371	0.087	2.056
1981 ~ 1995	-0.491	-0.009	2.500	-0.365	0.055	2.309
1981 ~ 1996	-0.442	-0.050	2.746	-0.323	0.037	2.539
1981 ~ 1997	-0.461	-0.075	2.953	-0.333	0.034	2.717
1981 ~ 1998	-0.352	-0.131	2.594	-0.252	-0.006	2.369
1981 ~ 1999	-0.551	-0.177	3.184	-0.378	-0.040	2.874
1981 ~ 2000	-0.409	-0.308	3.951	-0.178	-0.130	3.542
1981 ~ 2001	-0.479	-0.343	4.042	-0.227	-0.137	3.583
1981 ~ 2002	-0.742	-0.320	4.287	-0.407	-0.133	3.766
1981 ~ 2003	-0.837	-0.360	4.485	-0.489	-0.138	3.915
1981 ~ 2004	-0.923	-0.522	4.952	-0.501	-0.214	4.221
1981 ~ 2005	-1.100	-0.546	5.197	-0.597	-0.212	4.360
1981 ~ 2006	-1.261	-0.615	5.573	-0.662	-0.255	4.613
1981 ~ 2007	-1.486	-0.679	5.912	-0.776	-0.278	4.801
1981 ~ 2008	-1.431	-0.754	6.123	-0.726	-0.316	4.981
1981 ~ 2009	-1.409	-0.777	6.063	-0.727	-0.313	4.916
1981 ~ 2010	-1.744	-0.929	7.054	-0.819	-0.365	5.565
1981 ~ 2011	-1.865	-0.997	7.572	-0.854	-0.383	5.947