

한국과 일본의 산업부문 에너지 소비에 대한 LMDI 요인분해 분석*

박정욱** · 김수이***

요 약

본 논문은 지난 19년간(1990-2009) 우리나라와 일본의 산업부문(제조업, 서비스업 및 기타산업으로 농림수산업, 광업, 건설업 포함)의 에너지소비에 대하여 LMDI 요인분해를 비교 분석하였다. 에너지소비에 대한 요인분해는 크게 생산효과, 구조효과, 집약도 효과 등 3가지 요인으로 분해하였다. 양국 모두 생산효과에 의해서 대부분의 에너지소비가 증가한 것으로 파악되었다. 구조효과와 집약도 효과는 양국 모두 에너지 소비를 줄이는 역할을 하였으나, 우리나라는 집약도 효과가 구조효과보다 더 크게 작용한 반면, 일본은 구조효과가 집약도 효과보다 훨씬 더 크게 나타났다. 우리나라가 향후 에너지 안보 및 기후변화 대응을 위한 지속적인 에너지소비 감축을 위해서는 에너지효율 정책과 병행하여 에너지 저소비 제조업 및 고부가가치 서비스업으로 산업구조 전반을 전환해 나가는 정책적 노력이 필요하다.

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

* 본 논문은 IEA(International Energy Agency)의 자료 협조를 받아 작성되었습니다. 본 논문의 질적 향상을 위해 유익한 심사를 해 주신 세분의 익명의 심사자께도 감사드립니다.

** 지식경제부 IEA 파견 과장(주저자). jungwpark@naver.com

*** 홍익대학교 상경대학 상경학부 조교수(교신저자). suyikim@hongik.ac.kr

I. 서 론

에너지 효율에 대한 관심은 고유가와 에너지 안보에 대한 중요성 증가, 기후변화 대응 및 지속가능발전의 필요성 등으로 더욱 커지고 있다. 최근 UN은 「모두를 위한 지속가능한 에너지 Initiative」 달성을 위한 3대 목표¹⁾중의 하나로 2030년까지 에너지 효율수준을 두 배로 향상시킬 것을 제시하였고, 국제에너지기구(IEA)의 세계에너지전망(WEO) 2012에서도 에너지 효율을 「숨겨진 연료(hidden fuel)」로 인식하고 석유, 가스 등 주요 에너지원에 이어 에너지 효율을 기획특집으로 분석하는 등 국제적으로도 에너지 효율정책의 중요성이 부각되고 있다. 에너지 효율정책은 단순히 에너지 소비량을 줄이는 것뿐만 아니라 산업의 경쟁력 강화, 무역수지 개선, 고용창출, 저소득층에 대한 복지 증진 등 다양한 사회·경제적 효과를 포함하고 있다는 점에서 그 의미도 새로이 조명되고 있다.²⁾ 따라서 에너지 효율개선은 녹색성장과 지속가능한 발전을 위한 핵심 정책수단 중의 하나이다.

기후변화와 관련해서는 온실가스 배출량의 80% 이상이 에너지 사용에서 비롯된다는 점에서 에너지의 효율적 사용은 곧 기후변화 대응과도 직결된다. 코펜하겐 기후변화협약 당사국 총회를 기점으로 그동안 “의무부담”이 없었던 개발도상국가에 대해서도 책임 있는 역할을 요구하는 방향으로 전환되고 있다. 우리나라도 2009년 11월 16일에 중기(2020) 감축목표를 기준전망치(BAU, Business as Usual) 대비 30% 감축으로 결정하였고, 이러한 목표달성을 위해 모든 분야에서 온실가스 감축 노력을 다각적으로 추진하고 있다. 특히, 우리나라

1) 2030년까지 i) 현대적 에너지서비스에 대한 보편적 접근성 확보하며, ii) 에너지 효율수준 두 배 개선하고, iii) 에너지믹스에서 신재생 에너지의 비중을 두배로 제고한다.

2) 국제에너지기구(IEA)의 Information paper(2012) “Spreading the net”에서는 에너지효율 개선의 다양한 경제사회적 편익에 대하여 분석하고 있다.

라는 전체 에너지소비의 50%이상이 산업부문에서 이루어지고 있다는 점에서 산업부문의 에너지 효율의 중요성은 아무리 강조해도 지나치다고 할 수 없다.

이에 본 연구에서는 지난 19년간 우리나라 산업부문에 대한 에너지 소비추이와 효율수준을 일본의 산업부문과 비교 분석하였다. 일본과 우리나라는 자원이 없으면서도 기술력을 바탕으로 한 제조업을 집중 육성하여 수출주도형으로 경제성장을 해 왔다는 점에서 유사하다. 특히 자동차, 가전, 반도체 등 일부 업종은 일본이 선도적으로 성장하였고 우리가 그 뒤를 바짝 추격하고 있는 형국으로서 일본이 우리나라보다는 여러 가지 면에서 앞서가고 있는 시점에서 양국 간의 에너지소비패턴을 살펴보는 것은 향후 우리나라가 당면한 에너지정책을 어떠한 방향으로 나아가야 하는가 하는 측면에서 중요한 시사점을 제공해 줄 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 장기적인 관점에서 기후변화 대응 체제 구축 및 지속가능한 에너지 정책 수립을 위해 필요한 에너지효율 정책에 대한 유익한 시사점을 찾아보고자 한다. 본 연구에서는 제조업뿐만 아니라 서비스업, 농림수산업, 광업, 건설업 등으로 그 연구범위를 확대함으로써 기존 연구에서 제시하지 못한 정책적 시사점도 찾고자 한다. 주요 분석방법으로는 요인분해 이후에 잔차가 남지 않고, 상대적으로 이론적인 기초와 적용 가능성, 결과해석의 편리성 등이 뛰어난 것으로 알려진 로그평균디비지아수(Logarithmic Mean Divisia Index, 이하 LMDI)법을 사용하였다.

제Ⅱ장에서는 선행연구 및 연구방법론에 대해 알아보고 본 연구와의 차별성을 살펴본다. 제Ⅲ장에서는 한국과 일본 산업의 에너지소비 현황과 에너지 소비에 영향을 미치는 요인들을 파악한다. 제Ⅳ장에서는 한국과 일본 산업의 에너지 소비에 대한 LMDI 요인 분해 분석결과를 살펴보고, 제Ⅴ장에서 결론을 제시한다.

Ⅱ. 선행연구 및 연구방법론

2.1 선행연구

LMDI 지수분해분석 방법론을 이용한 국내외 에너지소비특성이나 온실가스 배출특성에 대한 연구는 국내외에 다수 있다. Ang(2005), Kwon(2005), Lee & Oh(2006), Han & Shin(2007), Liu et al.(2007), Bacon & Bhattacharya(2007), 황인창(2008), 나인강·이성근(2008), 이유아·허은영(2009), 진상현·황인창(2009a), 진상현·황인창(2009b), Oh et al.(2010), 김수이·김현석(2011), 김수이·정경화(2011) 등이 있다.

Lee & Oh(2006)는 APEC 국가들을 대상으로 CO₂배출 요인을 분석하였으며, Kwon(2005)은 영국의 자동차 수송부문의 CO₂ 배출요인을 분석하였다. Han & Shin(2007)은 LMWDM(Logarithmic Mean Weight Divisia Method)를 사용하여 한국, 영국, 미국을 대상으로 제조업에서의 CO₂배출요인을 규모요인, 기술요인, 구조요인 등 3가지 요인으로 분해 분석하였다. Liu et al (2007)은 1998년부터 2005년까지 중국의 산업부문 CO₂배출 요인을 분석하는데 LMDI 방법론을 사용하였다. Bacon & Bhattacharya(2007)는 1994년부터 2004년까지 미국을 비롯한 70개국을 대상으로 CO₂배출을 GDP를 비롯한 5가지 요인(화석연료 사용량 대비 평균 배출량, 총에너지 소비에서 화석연료 소비의 비중, GDP 대비 총 에너지 소비량, 1인당 GDP, 인구) 으로 분석하는데 LMDI방법론을 사용하였다. Ang(2005)은 LMDI방법론이 가장 우수하고 효율적인 방법론이라는 이론적인 배경을 제시하고 실례로 캐나다의 에너지 소비 요인과 CO₂ 배출 요인을 분석하였다. Oh et al.(2010)은 한국의 CO₂ 배출요인을 분해 분석하고 감축 전략을 제시하였다. 이상의 대부분의 연구들은 CO₂ 배출요인

에 대한 분해 분석이 주를 이루고 있다.

우리나라의 에너지 소비에 대한 분해 분석으로는 나인강·이성근(2008), 진상현·황인창(2009a), 김수이·김현석(2011) 등의 연구가 있다. 나인강·이성근(2008)의 연구는 국내 산업부문에 대한 LMDI 요인분해 분석과 더불어 계량 모형으로 요인분해를 확장하였다. 분석방법은 가법적 LMDI 요인분해에 한정되었으며, 기준연도 변경 방식(rolling base year)을 채택하였다. 진상현·황인창(2009a)은 LMDI 요인분해 분석을 통하여 1990년부터 2006년 기간 사이 16개 지방자치단체에 대하여 에너지원단위, 일인당 생산량, 인구 등 3가지 요인으로 분해하였다. 여기에서는 기준연도 고정 방식(fixed base year)을 통해 시계열적으로 분석하였다. 그리고 김수이·김현석(2011)의 연구에서는 우리나라의 제조업부문에 대한 산업별 에너지소비를 중심으로 국내 제조업의 에너지 소비에 대하여 1991년부터 2007년까지 승법적 요인분해 분석과 가법적 요인분해 분석을 통하여 생산효과, 구조효과, 집약도 효과 등 3가지 효과를 분석하였다. 그러나 에너지소비의 연구대상이 제조업에 한정되어 있었다는 한계가 있다. 그리고 에너지소비의 분석대상도 우리나라에 국한되어 있어 그 시사점 도출에 제한이 있었다. 김수이·정경화(2011)의 연구에서는 우리나라의 제조업 부문에 대한 산업별 에너지소비를 중심으로 국내 제조업의 온실가스 배출에 대하여 1991년부터 2007년까지 승법적 요인분해 분석과 가법적 요인분해 분석을 통하여 생산효과, 구조효과, 집약도 효과, 에너지믹스효과, 배출계수 효과 등 5가지 효과를 분석하였다.

본 연구는 다음과 같은 점에서 선행연구와 차별된다. 첫째, 비록 일부 연구에서 국가 간 비교 연구를 한 경우는 있지만³⁾ 에너지소비를 분해함에 있어 한국과 일본에 대한 비교분석은 아직 없다. 둘째, 기존의 국내 에너지소비 요인분해 분석은 제조업에 한정되어 있었으나 본 연구는 제조업뿐만 아니라, 농업·림업, 광업, 서비스업 등 모든 산업을 포함하였다. 단지 전환부문의 경우에

3) 황인창(2008)의 경우 LMDI 지수분해분석을 이용해서 온실가스 배출에 대하여 미국, 영국, 독일, 한국을 비교 분석하였다.

는 에너지 소비부문이 아니라 에너지 생산부문이므로 본 연구의 분석대상에서는 제외하였다.

따라서 본 연구는 1990년부터 2009년까지 IEA의 에너지소비와 산업통계를 이용하여 한국과 일본의 산업부문에 대한 에너지소비특성을 분석하였다. 특히 Ang(2005)에서 제시하는 바와 같이 에너지소비특성은 생산효과, 집약도 효과, 산업구조효과 등 3가지 요인으로 분석하였으며, 방법론적으로는 LMDI 가법적 요인분해 분석과 승법적 요인분해 분석을 사용하였다.⁴⁾ LMDI 요인분해 분석 방법론에서 가법적 요인분해 분석과 승법적 요인분해 분석은 동전의 양면과도 같다. 하지만 이를 해석하는 데 있어서는 두 가지 방법 모두 의미가 있다. 가법적 요인분해에서는 에너지변화에 대한 절대량을 추정할 수 있으며, 승법적 요인분해에서는 에너지변화에 대한 상대적인 기여도를 측정할 수 있어 향후 에너지절약과 같은 정책을 추진함에 있어서 어떤 부문에 더 중점을 두어 추진하는 것이 유익한지 살펴보고자 한다.

본 연구에서는 Ang(2005)에서 제시한 바와 같이, 산업의 총에너지소비량의 변화를 세 가지 요소로 분해하였다⁵⁾. 첫 번째 요소는 생산효과이다. 이는 생산활동(Q)이 증가함에 따라서 에너지 소비가 증가하는 것을 말한다. 두 번째 요소는 산업구조효과이다. 이는 각 산업이 총생산에서 차지하는 비중(Q_i/Q)이 변화함에 따라서 산업의 총 에너지소비량에 일으키는 변화를 의미한다. 이

4) 요인분해 방법은 크게 라스파이레스 인덱스(Laspeyres Index)와 디비지아 인덱스(Divisia Index) 등 두 그룹으로 나뉘어진다(Ang, 2004). 라스파이레스 인덱스는 기준년도에 가중치를 부여해 놓고 시간의 변화에 따라서 각 항목별로 변화요인의 변화율을 측정한다. 주로 1980년대 초기에 주로 사용되었는데 이해하기가 쉽지만 잔차가 크다는 점에서 최근에서 잘 사용되지 않는다. 디비지아 인덱스는 1987년 Boyd 등에 의해 개발되었는데 초기값과 종료값의 선택에 따라서 결과가 달라지지 않고 잔차가 이전에 비해 훨씬 적었기 때문에 1990년대 이후로 활발하게 사용된 바 있다. 1990년대 중반이후 Ang 등에 의해 LMDI 방법론이 개발되었는데 이 방법론은 기존의 디비지아 방법론을 개선하여 잔차를 없앴으며, 요소값이 "0"인 경우에도 분석이 가능하도록 하였다. 따라서 최근에는 에너지소비요인을 분해할 때 LMDI 방법론이 잘 사용하고 있다.

5) 구체적인 분해 방법은 Ang(2005), 김수이·김현석(2011)에서와 동일하다.

효과는 에너지다소비업종의 증감여부에 따라서 산업의 에너지소비가 변할 수 있다는 것이다. 세 번째 요소는 집약도 효과이다. 이는 i 산업에서 사용하는 에너지소비량 비중(E_i/Q_i)의 개선여부에 따른 효과를 의미한다.

$$E = \sum_i E_i = \sum_i Q \frac{Q_i}{Q} \frac{E_i}{Q_i} = \sum_i Q S_i I_i,$$

E : 전체산업의 에너지 소비량
 E_i : i 산업의 에너지 소비량
 Q : 전체산업 생산액
 Q_i : i 산업의 생산액
 S_i : i 산업이 전체산업 총생산에서 차지하는 비중
 I_i : i 산업의 에너지 집약도

(1)

본 연구에서 사용한 LMDI 승법적 요인분해 분석 구조식은 Ang(2005)에서 준용하기로 한다. 구체적인 구조식은 식 (2)와 같다. 승법적 요인분해는 0기에서 T 기까지의 에너지 소비량 증가율을 활동효과(D_{act}), 구조효과(D_{str}), 집약도효과(D_{ins}) 등 세 가지 요인으로 분해가 가능하다. D_{act} 는 활동효과에 의한 에너지소비 증가율이고, D_{str} 은 구조효과에 의한 에너지소비 증가율이고, D_{ins} 는 집약도효과에 의한 에너지소비 증가율이다. 따라서 각 효과에 의한 소비 증가율을 모두 곱하면 전체 에너지 소비 증가율이 된다.

$$D_{tot} = E^T/E^O = D_{act} D_{str} D_{ins},$$

$$D_{act} = \exp \left(\sum_i \frac{(E_i^T - E_i^O)/(\ln E_i^T - \ln E_i^O)}{(E^T - E^O)/(\ln E^T - \ln E^O)} \ln \left(\frac{Q^T}{Q^O} \right) \right)$$

$$D_{str} = \exp \left(\sum_i \frac{(E_i^T - E_i^O)/(\ln E_i^T - \ln E_i^O)}{(E^T - E^O)/(\ln E^T - \ln E^O)} \ln \left(\frac{S_i^T}{S_i^O} \right) \right)$$

$$D_{ins} = \exp \left(\sum_i \frac{(E_i^T - E_i^O)/(\ln E_i^T - \ln E_i^O)}{(E^T - E^O)/(\ln E^T - \ln E^O)} \ln \left(\frac{I_i^T}{I_i^O} \right) \right)$$

(2)

한편 본 연구에서 사용한 LMDI 가법적 요인분해 분석 구조식도 Ang(2005)

에서 준용하기로 하는데 구조식은 식(3)과 같다. 가법적 요인분해는 0기에서 T 기까지의 에너지 소비량 증가량을 생산효과(E_{act}), 구조효과(E_{str}), 집약도효과(E_{ins}) 등 세 가지 요인으로 분해가 가능하다. E_{act} 는 활동효과에 의한 에너지소비량이고, E_{str} 은 구조효과에 의한 에너지소비량이고, E_{ins} 는 집약도효과에 의한 온실가스 증가량이다. 따라서 각 효과에 의한 에너지소비량을 모두 더하면 전체 에너지 소비량 변화량이 된다.

$$\begin{aligned}\Delta E_{tot} &= E^T - E^O = \Delta E_{act} + \Delta E_{str} + \Delta E_{ins} \\ \Delta E_{act} &= \sum_i \frac{E_i^T - E_i^O}{\ln E_i^T - \ln E_i^O} \ln \left(\frac{Q^T}{Q^O} \right) \\ \Delta E_{str} &= \sum_i \frac{E_i^T - E_i^O}{\ln E_i^T - \ln E_i^O} \ln \left(\frac{S_i^T}{S_i^O} \right) \\ \Delta E_{ins} &= \sum_i \frac{E_i^T - E_i^O}{\ln E_i^T - \ln E_i^O} \ln \left(\frac{I_i^T}{I_i^O} \right)\end{aligned}\quad (3)$$

이상에서 보는 바와 같이, 승법적 요인분해 구조식과 가법적 요인분해 구조식은 다음과 같은 단순하지만 매우 유용한 이론적인 관계를 가지고 있다.

$$\frac{\Delta E_{tot}}{\ln D_{tot}} = \frac{\Delta E_{act}}{\ln D_{act}} = \frac{\Delta E_{str}}{\ln D_{str}} = \frac{\Delta E_{ins}}{\Delta D_{ins}} \quad (4)$$

그러나 승법적 요인분해와 가법적 요인분해는 해석상에서는 매우 유용하게 달리 활용되는데 가법적 요인분해는 요인에 따른 절대량을 추정할 수 있으며, 승법적 요인분해는 요인에 따른 상대적인 기여도를 추정할 수 있다.

2.2 분석자료

본 연구의 범위는 한일 양국의 산업부문을 대상으로 한다. 산업부문이란 전체 에너지 사용 중 수송부문, 가정부문 및 전환부문을 제외한 모든 부문을 의미하며 제조업, 서비스업과 농림수산업, 광업, 건설업이 포함된다. 본 분석에

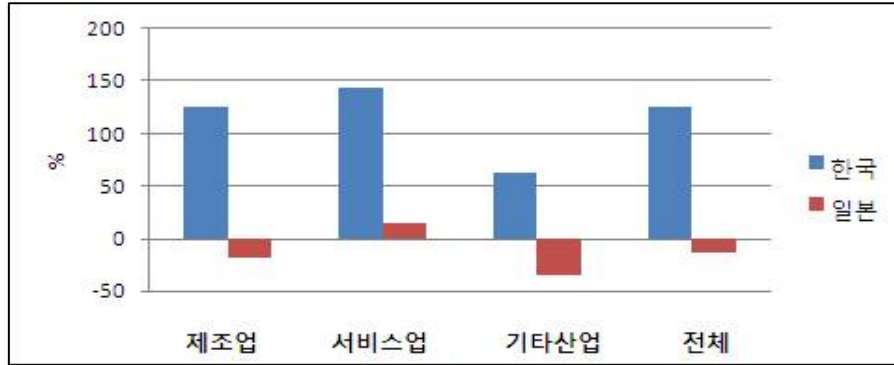
사용된 1990~2009년 통계자료는 국제표준산업분류 3차 개정기준에 따랐으며, 에너지사용량은 국제에너지기구(IEA)의 Energy Balance, 산업별 부가가치 생산액은 OECD STAN Database for Structural Analysis 를 사용하였다. 산업별 부가가치 생산액은 산업별 생산자 가격지수를 반영하여 2000년 PPP 불변 가격으로 산정하였다. 분석의 편의를 위해 전체산업을 제조업, 서비스업, 기타 산업으로 대분류하고, 제조업은 음식담배(ISIC 15-16), 제지(인쇄)⁶⁾, 석유정제(ISIC 23, 납사 등 비에너지 제외), 화학제품(ISIC 24, 납사 등 비에너지 제외), 비금속광물(시멘트 포함, ISIC 26), 철금속(철강금속 포함, ISIC 2710+2731), 비철금속(알루미늄 포함, ISIC 2720+2732), 기계장비(ISIC 28-32), 기타제조(ISIC 25, 33-37) 등의 9개 업종으로 분류하였고, 기타산업에는 농림수산업업(ISIC 01-05), 광업(ISIC 10-14), 건설업(ISIC 45)이 포함된다.

Ⅲ. 한국과 일본 양국 산업의 에너지소비 효율 비교

1990~2009년간 한일양국의 산업부문 에너지소비 추세는 상당한 차이를 보이고 있다. 우리나라는 동기간 산업부문 총 에너지 소비량이 125.3% 증가한 가운데, 제조업이 125.6%(연평균 4.37%)을 보였고, 서비스업 143%(연평균 4.78%), 기타산업도 62.8% 증가하였다. 반면, 일본의 경우는 산업부문 총 에너지 소비량 변화율이 -13.2%로 감소하였고, 서비스업만 13.8% 증가한 반면 제조업과 기타산업은 각각 -18.5%, -34.6%로 감소하였다(<그림 1>참조). 이러한 차이는 양국 산업의 성장률과 산업구조 차이에서 원인을 찾을 수 있다.

6) 국제에너지기구의 회원국 대부분(한국 포함)이 ISIC 21-22(제지인쇄) 통계를 제공하지만 일본의 경우는 예외적으로 ISIC 21(제지) 통계만 제공하여 업종분류에서 다소 차이가 발생한다.

[그림 1] 한일 양국의 산업별 에너지소비 증가율(1990~2009,%)



〈표 1〉 한일 양국 산업의 요소별 변화(1990~2009, %)

구분	에너지 소비량		산업 생산량		에너지 원단위 개선율	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본
전 산업	125.3	-13.2	163.2	15	14.4	24.5
제조업	125.6	-18.5	262.8	2	37.8	20.1
음식담배	18.2	-8.1	37.2	-9.9	13.9	-2.1
제지펄프	26.4	-20.5	110.9	-40.4	40.1	-33.4
석유정제†	227	-13.7	358.2	-22.9	28.6	-11.9
화학제품†	161.5	-3.1	210.6	10	15.8	11.9
비금속광물	34.6	-25	87.3	-45	28.2	-36.3
철금속	151.3	-12.1	123.7	-52.1	-12.3	-83.4
비철금속	85.3	-30	122.4	-36.6	16.7	-10.3
기계장비	301.4	-16	748.1	72	52.7	51.2
기타제조업	75.4	-46.9	119.6	-23.8	20.2	30.4
서비스업	143	13.8	159.7	31.7	6.4	13.6
기타산업	62.8	-34.6	41.4	-38.1	-15.1	-5.8
농림수산업	72.7	-46.5	42.1	-24.5	-21.5	29.2
광업	-5.2	-37.7	-15	-77	-11.5	-171.1
건설업	58.1	-17.2	44.3	-40.3	-9.6	-38.7

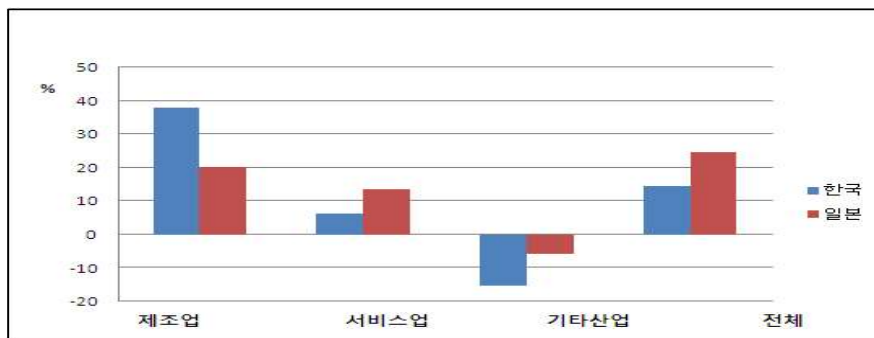
주: † 석유정제업과 화학제품업은 납사 등 비에너지(energy own use) 소비량을 대상으로 함.

<표 1>에 의하면 우리나라는 동 기간 동안 산업전체의 부가가치 기준 생산액이 163.2% 증가하였고 이러한 성장을 262.8% 증가한 제조업 부문이 주도하였다. 반면 일본은 산업전체 부가가치 생산액이 15% 증가하는데 그쳤으며, 31.78% 증가한 서비스 부문이 성장을 주도하였고 제조업은 2% 증가에 그쳤다. 결국 우리나라의 높은 에너지 소비증가는 산업의 급속한 성장뿐만 아니라, 상대적으로 에너지 다소비 산업인 제조업이 주도하였다는 점에서 찾을 수 있다.

우리나라의 성장을 주도한 제조업의 에너지 소비증가율을 세부 업종별로 살펴보면, 석유정제 227%, 화학제품 161.5%, 철금속 151.3%, 비철금속 85.3%, 비금속광물 34.6%로 에너지 다소비업종의 증가율이 매우 높다. 그러나 일본의 경우는 에너지다소비 업종의 에너지 소비가 대폭 감소하였고, 우리나라에서 크게 증가한 비철금속과 비금속광물은 오히려 -30%, -25%로 크게 감소해 대조적인 모습을 보이고 있다(<표 1> 참조).

단위 부가가치 생산에 투입된 에너지의 양으로 표시되는 에너지 원단위의 개선추이를 살펴보면, 우리나라는 동 기간 동안 전체산업이 14.4% 개선되었는데, 제조업 37.8%, 서비스업이 6.48% 개선되었으나, 기타 산업은 -15.1%로 악화되었다. 반면, 일본은 전체산업이 24.5% 개선되었으며, 제조업 20.1%, 서비스업 13.6% 개선되었고, 기타산업은 -5.8%로 소폭 악화되었다(<그림 2>참조).

[그림 2] 한일 양국 산업의 에너지 원단위 개선율(1990~2009, %)



결국 우리나라의 제조업 원단위 개선율은 일본보다 높은 수준을 보였으나, 서비스업과 기타 산업에서 원단위가 일본에 비해 악화되어 전체적인 개선율이 일본보다 낮게 나타난 것으로 분석된다. 특히 기타 산업내 원단위 변화를 비교해 보면, 우리나라의 광업, 건설업의 원단위 개선율은 일본에 비해 상대적으로 덜 악화(개선) 되었으나, 농림수산업은 일본이 29.2% 개선된 반면 우리나라는 -21.5%로 크게 악화되었다. 결국 우리나라 산업 전체의 원단위 개선율이 일본에 비해 낮게 나타난 것은 농림수산업의 원단위가 많이 악화된 것의 영향이 큰 것으로 볼 수 있다.

다음으로 한일 양국의 제조업부문 에너지 원단위 변화는 우리나라가 37.8, 일본이 20.1% 개선되어 우리나라가 더 많은 개선을 보였다. 제조업 내 세부 업종으로 나누어 살펴보면 기타 업종을 제외하고는 우리나라가 모든 세부업종에서 일본보다 높은 개선율을 보였다(<표 1>참조).

〈표 2〉 한·일 양국 산업의 에너지 원단위 수준(PJ/10억 달러, PPP 2000)

구분	1990		2009	
	한국	일본	한국	일본
전 산업	3.8	2.6	3.3	1.9
제조업	10.9	7.9	6.8	6.3
음식담배	5.7	2.3	4.9	2.4
제지(인쇄)	11.7	16.8	7	22.4
석유정제†	45.4	12.5	32.4	14
화학제품†	12.9	15.6	10.9	13.7
비금속광물	27.7	16	19.9	21.8
철금속	44.6	47.7	50.1	87.5
비철금속	5.4	8.7	4.5	9.6
기계장비	3.6	2.4	1.7	1.2
기타제조업	5.1	3.6	4.1	2.5
서비스업	1.5	0.8	1.42	0.7
기타산업	1.3	1.3	1.5	1.4
농림수산업	2.5	4.3	3	3
광업	3.4	3.3	3.7	9.1
건설업	0.49	0.64	0.5	0.89

주: † 석유정제업과 화학제품업은 납사 등 비에너지(energy own use)소비를 대량으로 함.

<표 2>에서 보는 바와 같이 한·일 양국의 원단위 수준(PJ/10억 달러)을 비교해 볼 때, 1990년에는 우리나라가 제조업에서 화학제품, 철금속, 비철금속이 일본보다 낮았고, 기타산업에서는 농림수산업, 건설업의 원단위가 일본보다 낮았다. 그러나 2009년에는 화학제품, 철금속, 광업, 건설업의 원단위는 일본보다 여전히 낮고, 이전에는 일본보다 높았던 비금속광물은 일본보다 낮아지고, 낮았던 농림수산은 일본과 같은 수준이 되었다. 결국 농림수산업의 원단위가 일본에 비해 악화되었음을 재확인할 수 있다.

IV. LMDI 분해 분석 결과

본장에서는 1990년부터 2009년까지의 한·일 양국의 산업부문 에너지 사용량 변화가 어떠한 요인에 의해서 얼마나 영향을 받았는지 LMDI 분석방법을 통해 살펴보았다.

2.1 전체산업

산업전체의 에너지 사용량은 한국이 총 1,886 PJ 증가한 반면, 일본은 976 PJ 에너지 사용량이 감소하였다. 가법적 요인분석에 따라 생산효과, 구조효과 및 집약도 효과에 의한 에너지 사용량 변화 결과가 <표 3>과 [그림 3]에 나타나 있다. 한국의 산업부문 에너지사용량은 2009년 기준으로 1990년 대비 생산량 증가에 따라 2,246 PJ 증가하였고, 구조효과로 443 PJ 증가하였으며, 집약도 효과에 의해서 803 PJ이 감소하여 종합적으로 1,886 PJ이 증가하였다. 일본은 생산효과로 959 PJ이 증가하였고, 구조효과와 집약도 효과로 각각 632 PJ, 1,303 PJ 감소하여 전체적으로 976 PJ의 에너지 사용량이 감소한 것으로 분석되었다.

〈표 3〉 한일 양국의 산업부문 에너지소비 변화요인 분석결과
(가법적 요인분해, 기준연도 고정 방식)

(단위: PJ)

구분	생산효과		구조효과		집약도효과		총효과	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본	한국	일본
1991	142.23	252.88	-0.93	11.92	49.79	-194.33	191.09	70.46
1992	234.92	357.69	-18.37	-148.91	82.32	-256.89	298.87	-48.11
1993	348.61	402.81	-40.62	-342.44	187.61	-243.33	495.60	-182.96
1994	498.64	476.53	-20.43	-478.39	172.93	87.85	651.14	85.99
1995	664.10	635.60	-7.42	-447.29	136.40	-1.49	793.07	186.81
1996	815.42	851.58	-6.83	-419.16	146.56	-150.47	955.14	281.96
1997	948.71	972.48	-1.93	-395.76	161.02	-200.75	1,107.80	375.97
1998	789.05	807.14	-46.09	-546.85	117.85	-198.25	860.81	62.04
1999	1,008.55	820.05	90.71	-591.89	-17.74	-55.25	1,081.52	172.91
2000	1,229.60	983.33	199.39	-465.04	-92.07	-278.84	1,336.92	239.45
2001	1,315.70	964.06	174.69	-724.34	-132.49	-246.31	1,357.90	-6.59
2002	1,483.87	1,028.72	193.01	-844.55	-249.74	-46.32	1,427.13	137.84
2003	1,555.43	1,138.55	226.39	-649.56	-333.98	-454.86	1,447.83	34.13
2004	1,672.46	1,308.46	299.14	-447.68	-485.79	-718.29	1,485.81	142.49
2005	1,791.87	1,481.51	329.34	-310.79	-542.68	-1,110.90	1,578.53	59.82
2006	1,939.98	1,600.52	379.69	-182.75	-676.02	-1,442.79	1,643.65	-25.02
2007	2,107.34	1,754.40	415.59	-44.98	-766.74	-1,814.94	1,756.19	-105.52
2008	2,196.55	1,603.08	450.38	15.76	-833.46	-2,325.75	1,813.47	-706.91
2009	2,246.04	958.94	443.19	-631.89	-803.11	-1,303.30	1,886.13	-976.26

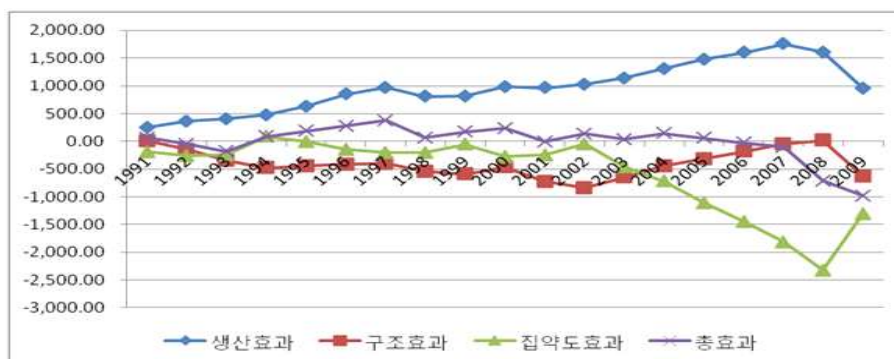
결국, 한·일 양국의 산업부문 에너지 사용량 증가를 주도한 요인은 생산요인이었으나, 감소요인으로서는 우리나라는 집약도 효과, 일본은 구조효과와 집약도 효과였다는 점에서 차이를 보이고 있다. 이러한 결과는 앞서 양국 산업의 에너지소비 현황 분석에서 살펴본 바와 같이, 일본에서는 에너지소비가 적은 서비스업의 비중이 커지고, 제조업 내 에너지 다소비업종의 생산비중이 줄어드는 산업구조 변화추세와도 대체적으로 일치하는 것으로 볼 수 있다.

[그림 3] 한일 양국의 산업부문 에너지소비 변화요인 분석결과
(가법적 요인분해, 기준연도 고정방식, PJ)

<한국>

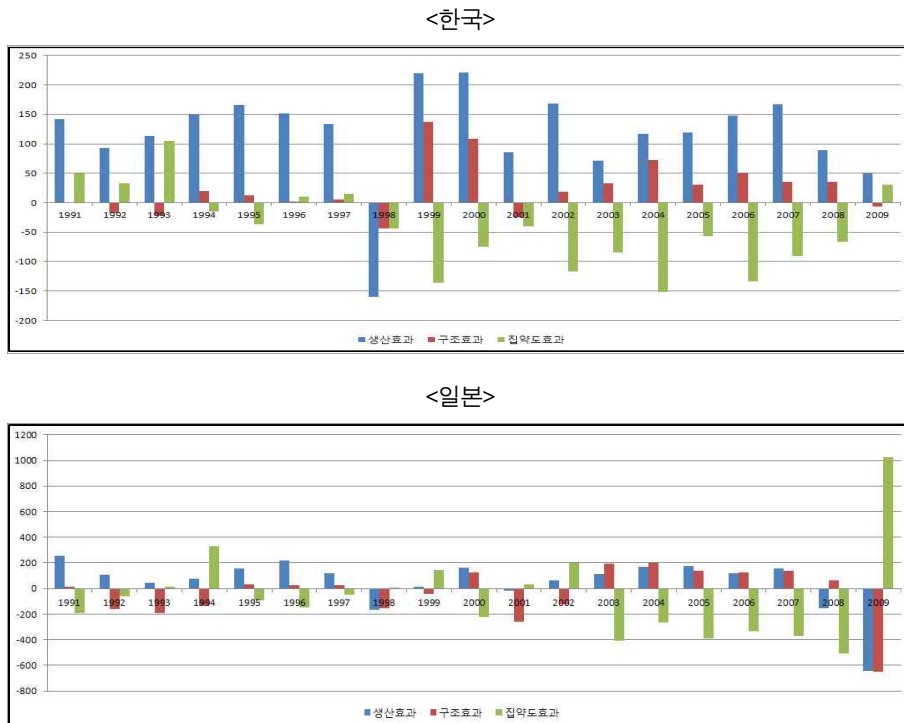


<일본>



시계열적으로 분석해 보면, 우리나라는 1990~1998년 기간 동안 구조효과는 미미하였고, 그 이후 오히려 구조효과로 인한 에너지소비가 증가하였다. 집약도 효과는 1999년부터 나타나기 시작하여 에너지사용량을 줄이는 데 기여하였다. 일본은 1990~2009년 전 기간 동안 구조효과와 집약도 효과가 상반되는 경향을 보이고 있다. 즉 구조효과로 에너지 사용이 감소하는 시기에는 집약도 효과가 개선되었으며, 구조효과로 에너지사용이 증가하는 시기에는 집약도 효과가 악화되었다. 그리고 이러한 경향은 2000년대에 더 심화되는 경향을 보이고 있다(<그림 5> 참조).

[그림 4] 한일 양국의 산업부문 에너지소비 변화요인 분석결과
(가법적 요인분해, 기준연도 변경 방식)



세계경제 변화와 더불어서 산업부문의 에너지 소비 패턴은 변화할 수 있다는 것을 좀 더 자세히 알아보기 위해서 [그림 4]에서와 같이 기준연도 고정(fixed base year)방식 대신에 기준연도변경(rolling base year) 방식으로 한국과 일본의 산업부문 에너지 소비 패턴을 분석하였다. 이 분석의 장점은 각 요인별로 전년 대비 에너지 소비 변화량이 나타나 에너지 요인 변화의 단기적인 흐름을 보다 자세히 추정할 수 있다는 장점이 있다. 이 분석에 의하면 지난 20년간의 국제경제 정세변화에 따라 제1기(1991년~1996년)는 아시아 금융위기 이전, 제2기(1997년~1998년)는 아시아 금융위기 기간, 제3기(1999년~2003년)는 세계경제 회복기, 제4기(2004년~2008년)는 고유가 시기, 제5기(2009

년)는 미국발 금융위기 등 다섯 개의 시기로 구분하였다.

제1기(1991년~1996년), 아시아 금융위기 이전에는 한국은 상대적으로 높은 경제성장률을 달성하면서 성장의 시기였다면 일본은 그 성장이 둔화되면서 장기불황으로 접어든 시기이다. 이 시기에는 산업부문의 에너지 소비에 있어서 한·일 간의 많은 차이점이 있다. 즉 한국의 에너지소비는 생산효과가 높게 나타났으며, 구조효과는 미미하였다. <표 4>에서 보는 바와 같이 한국의 생산효과는 815.42 PJ 에너지 소비를 증가시켰는데 구조효과로 인한 에너지 감소는 6.83 PJ에 불과하였다. 그리고 이 기간 동안 집약도 효과로 146.56 PJ의 에너지소비가 증가하는 등 집약도 효과는 오히려 악화되었다는 것이다. 그에 반해 일본은 생산효과보다는 구조효과로 인하여 에너지가 많이 감소하였으며, 에너지집약도 효과는 구조효과에 비해 상대적으로 적게 나타났다. 이 기간 동안 일본의 산업은 구조효과로 419.16 PJ 에너지 소비가 감소하였으며, 집약도 효과로 150.47 PJ 감소하였다.

제2기(1997년~1998년), 아시아 금융 위기는 1997년 태국의 고정환율제 포기로 인한 동남아시아의 통화 위기가 동북아시아를 거쳐 세계 경제에 불안을 가져온 일련의 금융위기사태를 말한다.⁷⁾ 그로 인해 1998년에는 한국과 일본 모두 산업부문의 에너지 소비에 있어 생산효과와 구조효과가 마이너스(-)를 기록하게 되었으며, 우리나라는 집약도 효과가 더욱 악화되었으나 일본은 이 시기에도 집약도 효과가 개선되었다는 차이가 있다. 이 기간 동안 한국과 일본의 생산효과는 각각 -26.37 PJ, -44.44 PJ이었으며, 구조효과는 각각 -39.26 PJ, -127.70 PJ을 나타내고 있다.

제3기(1999년~2003년), 세계경제 회복기는 아시아 금융위기로부터 세계경제가 서서히 회복되는 시기라고 할 수 있다. 일본과 한국은 경기가 다소 시기

7) 동남아시아 국가들은 통화가치가 30%~40% 평가절하 되면서 신용경색을 불러일으켰고, 이러한 신용불안은 국제자본의 회수 움직임으로 아시아 국가들은 단기외채시장에서의 차입연장 등에 어려움을 겪었다. 결국 각국정부는 국제통화기금으로부터 구제금융을 받고, 강도 높은 금융개혁을 요구 받게 되었다. 금융시장의 불안은 실물경제의 위축으로 이어졌으며, 이러한 위기는 1999년에 들어서야 진정국면을 맞게 되었다.

적인 차이는 있으나 서서히 회복되어 점점 생산효과가 증가하였다. 하지만 이 시기에 우리나라는 산업구조가 오히려 에너지 소비를 증가시키는 방향으로 진전된 반면 일본은 에너지 저소비 구조로 산업구조조정이 일어났다는 것이다. 즉 이시기에도 꾸준히 서비스 산업위주로 산업이 재편되고 있었다. 그리고 이 시기를 전후해서 집약도 효과가 한국과 일본 모두 개선되었다. 집약도 효과로 인한 에너지소비감소는 한국과 일본이 각각 451.83 PJ, 256.61 PJ에 이르고 있다.

제4기(2004년~2008년)는 신고유가 시기이다. 2008년 8월까지 유가가 배럴당 150달러까지 올랐던 이 시기의 경제적인 충격은 제2차 석유 파동에 비할 정도였다. 특히 한국과 일본은 둘다 석유자원을 전적으로 해외수입에 의존하기 때문에 이러한 유가의 변동에 매우 민감하다. 이 시기 동안의 특징은 한국과 일본 모두 집약도 효과가 많이 개선되었다는 것이다. 집약도 효과로 인한 에너지 감소는 한국과 일본 각각 499.48 PJ, 1870.90 PJ에 이르고 있다. 생산효과와 구조효과는 한국과 일본 모두 증가였다.

제5기(2009년 이후)는 세계 경제위기 시기이다. 미국에서 발생한 서브프라임 모기지(subprime mortgage) 사태는 미국뿐만 아니라 국제금융시장에 신용경색을 불러왔다. 이러한 세계 경제불황은 2009년부터 주요 제조업체들의 생산과 수출이 감소되는 방향으로 한국과 일본에 영향을 미치게 되었다. 따라서 이 시기의 에너지 소비 패턴은 그 이전에 비해 생산효과가 많이 줄어들었다는 것이다. 한국의 생산효과는 49.49 PJ에 불과하였으며, 일본은 644.15 PJ의 감소량을 보이고 있다. 이 시간 동안 한국과 일본 모두 구조효과로 인한 에너지가 감소하였으며, 집약도 효과는 오히려 감소하였다. 이는 경제 불황기에는 생산의 효율성이 감소하여 집약도 효과가 감소되는 반면 산업 전반적으로 구조조정이 진행된다는 사실이다(<표 4>참조).

〈표 4〉 한일 양국의 시기별 산업부문 에너지소비 변화요인 분석결과
(가법적 요인분해, 기준연도 고정 방식)

(단위: PJ)

구분	생산효과		구조효과		집약도효과		총효과	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본	한국	일본
제1기 (1991~1996)*	815.42	851.58	-6.83	-419.16	146.56	-150.47	955.14	281.96
제2기 (1997~1998)	-26.37	-44.44	-39.26	-127.70	-28.71	-47.78	-94.33	-219.92
제3기 (1999~2003)	766.38	331.41	272.48	-102.71	-451.83	-256.61	587.02	-27.91
제4기 (2004~2008)	641.12	464.54	223.99	665.32	-499.48	-1,870.90	365.64	-741.04
제5기 (2009)	49.49	-644.15	-7.19	-647.66	30.35	1,022.45	72.66	-269.35

주: 제 1기의 변화량은 1990년을 기준으로 하여 1996년까지의 에너지 소비량의 변화를 의미함. 다른 기에 대해서도 똑같은 방식의 적용이 가능함.

요인분해 결과를 토대로 양국 산업의 에너지 효율수준 변화를 살펴보자. 요인분해 전 양국산업의 에너지 원단위는 한국이 1990년 3.8 PJ/10억불에서 3.3 PJ/10억불로 13.2% 개선되었고, 일본은 2.6 PJ/10억불에서 1.9 PJ/10억불로 낮아져 27% 개선된 것으로 파악되었다. 요인분해를 하지 않고 계산한 이러한 에너지 원단위가 일반적으로 에너지 효율수준을 나타내는 대리지표로 사용되곤 한다. 그러나 요인분석을 통해 확인한 바와 같이 에너지 사용량의 변화에는 에너지효율의 개선과 직접적인 관련성이 없는 산업구조의 변화에 의한 에너지 사용량 감소를 포함하고 있어, 보다 정확한 의미의 에너지 효율수준 변화를 살펴보기 위해서는 구조효과를 제외한 에너지 소비량을 사용하여 에너지 원단위를 계산하는 것이 필요하다. 따라서 1990~2009년간 한일 양국의 에너지 사용량 변화 중 구조효과에 의한 에너지 사용량 변화를 포함하지 않고, 단위 부가가치 생산에 투입된 에너지량을 계산해 보았다. 우리나라의 경우는 구조효과로 443 PJ이 증가하였으나, 일본의 경우는 구조효과로 에너지 소비량이 1,809 PJ 감소하였으므로, 이러한 효과를 제외하고 2009년의 에너지 원단

위를 재계산하였더니 우리나라는 3.3 PJ/10억불에서 2.85 PJ/10억불로 하락하였고, 일본은 당초 1.9 PJ/10억불에서 2.14 PJ/10억불로 상승하였다. 결국 1990~2009년간 양국산업의 실질적인 에너지 효율개선은 우리나라가 +25%, 일본은 +17.7%로 분석할 수 있다.

[표 5] 한일 양국의 산업부문 에너지소비 변화요인 분석결과(승법적 요인분해)

(단위: PJ)

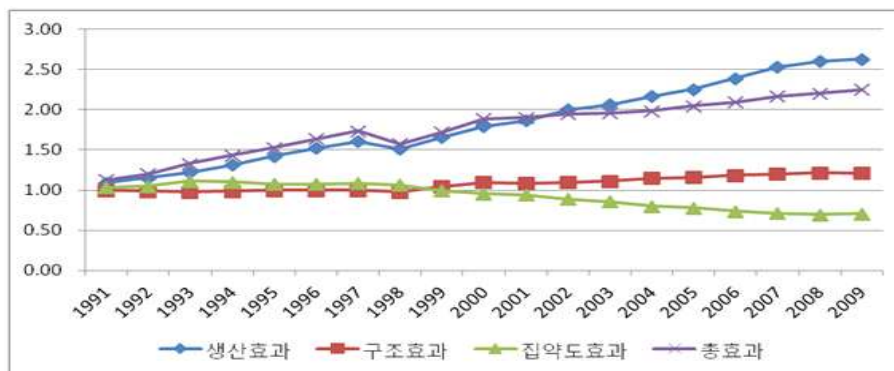
구분	생산효과		구조효과		집약도효과		총효과	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본	한국	일본
1991	1.09	1.03	1.00	1.00	1.03	0.97	1.13	1.01
1992	1.15	1.05	0.99	0.98	1.05	0.97	1.20	0.99
1993	1.22	1.06	0.98	0.95	1.11	0.97	1.33	0.98
1994	1.32	1.07	0.99	0.94	1.10	1.01	1.43	1.01
1995	1.43	1.09	1.00	0.94	1.08	1.00	1.53	1.03
1996	1.52	1.12	1.00	0.95	1.08	0.98	1.63	1.04
1997	1.60	1.14	1.00	0.95	1.08	0.97	1.74	1.05
1998	1.51	1.12	0.98	0.93	1.06	0.97	1.57	1.01
1999	1.66	1.12	1.05	0.92	0.99	0.99	1.72	1.02
2000	1.79	1.14	1.10	0.94	0.96	0.96	1.89	1.03
2001	1.86	1.14	1.09	0.91	0.94	0.97	1.90	1.00
2002	2.00	1.15	1.09	0.89	0.89	0.99	1.95	1.02
2003	2.06	1.17	1.11	0.92	0.86	0.94	1.96	1.00
2004	2.17	1.19	1.15	0.94	0.80	0.91	1.99	1.02
2005	2.26	1.22	1.16	0.96	0.78	0.86	2.05	1.01
2006	2.39	1.24	1.19	0.98	0.74	0.82	2.09	1.00
2007	2.53	1.27	1.20	0.99	0.71	0.78	2.17	0.99
2008	2.61	1.26	1.22	1.00	0.70	0.72	2.20	0.90
2009	2.63	1.15	1.21	0.91	0.71	0.83	2.25	0.87

가법적 요인분해 결과를 통해서는 절대적인 증감량을 볼 수 있지만, 한일 양국의 경제규모가 다르므로 요인별 상대적인 기여도를 살펴보기 위해 <표 5>, [그림 5]에서와 같이 승법적 요인분해 결과를 제시한다. 각 연도별 결과는 1991년부터 에너지증가율에 대한 요인분해 결과이다. 2009년의 승법적 요인분해 결과는 다음과 같이 해석할 수 있다. 우리나라는 1991년부터 2009년까지의

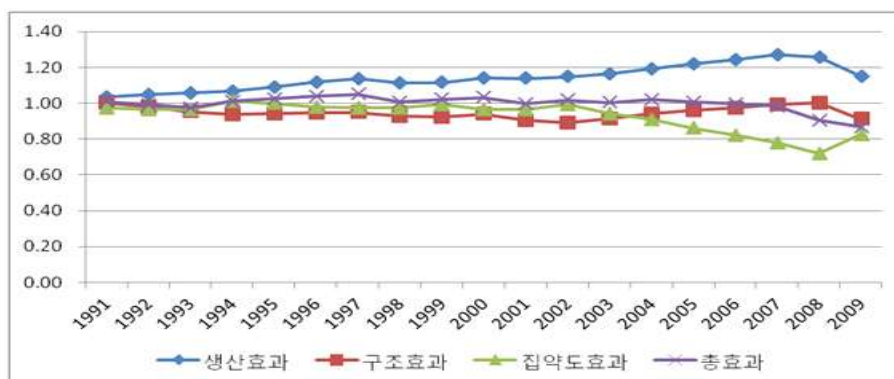
전체산업의 에너지소비는 125% 증가하였는데 이 중 생산효과에 의한 증가율이 163%, 구조효과에 의한 증가율은 21%, 집약도 효과에 의한 감소율이 29%이다. 일본의 경우는 전체산업의 에너지소비는 13% 감소하였는데, 이 중 생산효과에 의한 증가율은 15%, 구조효과에 의한 감소율은 0.9%, 집약도 효과에 의한 감소율은 17%로 해석할 수 있다. 그리고 생산효과, 구조효과, 집약도 효과를 모두 곱하면 총효과가 된다.

[그림 5] 한일 양국의 산업부문 에너지소비 변화요인 분석결과
(승법적 요인분해)

<한국>



<일본>



2.2 제조업 부문

1990~2009년간 우리나라는 제조업에서 에너지소비량이 1,343 PJ 증가하였고, 일본은 1,001 PJ 감소하였다. [표 6], [그림 6]에서 보는 바와 같이, 이러한 에너지 사용량 변화를 요인별로 분석해 보면, 우리나라는 생산효과로 2,108 PJ 증가하였고 구조효과와 집약도 효과로 각각 452 PJ와 312 PJ 감소하였다. 일본은 생산효과로 96 PJ 증가하고, 구조효과로 에너지소비량이 1,802 PJ 감소하였으며, 집약도 효과로 705 PJ 증가하였다.⁸⁾

전체산업과 비교해 한일 양국의 제조업 부문 에너지소비 패턴은 생산효과로 에너지소비가 증가하고 구조효과로 에너지소비가 감소했다는 점에서 좀 더 유사한 양상을 보이고 있지만, 여전히 차이점은 일본의 구조효과가 우리나라의 구조효과 보다 훨씬 크다는 점과, 집약도 효과에서는 우리나라는 에너지소비가 감소하였으나 일본에서는 증가했다는 점이다. 이를 승법적 분해결과로 비교해 보면 구조효과로 감소한 에너지소비 비율이 우리나라는 24%인 반면 일본은 31%이다. 집약도 효과는 우리나라가 17% 감소하였고, 일본은 16% 증가하였다. 시계열적으로 살펴보면 우리나라는 구조효과와 집약도 효과가 비슷하게 움직이는 경향을 보였고 1999년 이전에는 집약도 효과가 더 크게 나타났으나, 2000년부터는 구조효과가 상대적으로 조금 더 큰 양상을 보였다. 반면, 일본의 경우는 집약도 효과와 구조효과가 2002년까지 상호 작용하면서 그 효과가 크지 않았으나 2002년 이후에는 집약도 효과보다 구조효과가 더욱 가속화되는 경향을 보이고 있다. 특히 2009년에는 생산효과가 갑자기 악화되었으며, 구조효과와 집약도 효과가 다소 둔화되는 경향을 보이고 있다.

8) ISIC 23 석유정제업의 경우에는 일반적으로 에너지소비통계와 부가가치 통계를 일치시키기가 어려워 제조업에 대한 원단위 국제 비교시 ISIC 23을 제외하고 계산 비교하기도 한다. 따라서 ISIC23을 제외하고 분석한 제조업의 에너지소비 요인분해는 <부표 1>과 <부표 2>에 제시하였다. <부표 1>은 가법적 요인분해 결과이며, <부표 2>는 승법적 요인분해 결과이다.

〈표 6〉 한일 양국의 제조업 에너지소비 변화요인 분석결과(가법적 요인분해)

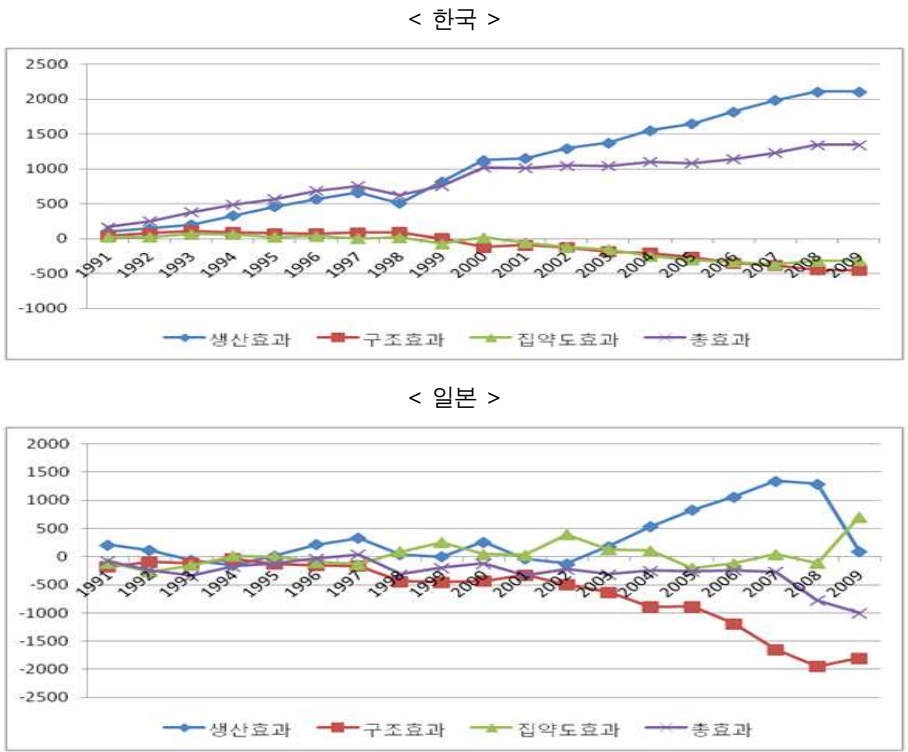
(단위: PJ)

구분	생산효과		구조효과		집약도효과		총효과	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본	한국	일본
1991	101.29	211.84	45.05	-179.53	22.40	-106.63	168.74	-74.32
1992	147.90	112.77	77.92	-93.23	25.03	-263.98	250.85	-244.45
1993	202.64	-64.20	110.99	-115.75	67.17	-155.64	380.81	-335.59
1994	333.23	-152.17	94.63	-36.46	62.40	16.20	490.26	-172.42
1995	462.47	19.49	80.14	-128.33	25.02	-1.52	567.63	-110.37
1996	571.56	216.81	75.71	-152.51	37.85	-96.57	685.12	-32.27
1997	664.38	334.07	88.55	-162.04	6.64	-132.20	759.57	39.84
1998	507.81	36.74	95.74	-435.78	19.60	88.20	623.15	-310.83
1999	817.27	-1.77	7.13	-450.33	-68.89	254.83	755.50	-197.27
2000	1,126.42	261.94	-120.84	-428.68	20.63	47.39	1,026.20	-119.35
2001	1,153.61	-37.40	-88.27	-325.73	-52.75	33.59	1,012.60	-329.53
2002	1,295.62	-121.64	-126.72	-497.68	-119.02	396.25	1,049.89	-223.06
2003	1,377.58	186.35	-181.35	-629.54	-153.14	131.05	1,043.08	-312.14
2004	1,555.18	534.05	-202.71	-889.86	-248.62	108.49	1,103.85	-247.31
2005	1,648.99	826.30	-262.27	-885.53	-302.52	-203.75	1,084.19	-262.98
2006	1,821.36	1065.36	-348.39	-1186.67	-330.24	-122.25	1,142.73	-243.56
2007	1,984.41	1341.39	-383.67	-1650.07	-368.36	42.62	1,232.38	-266.05
2008	2,106.74	1292.42	-441.68	-1949.14	-318.62	-116.94	1,346.44	-773.66
2009	2,108.25	95.94	-452.43	-1801.63	-311.88	704.55	1,343.94	-1001.14

제조업 부문에 대해서도 앞에서 분석한 바와 마찬가지로 지난 20년간의 국제경제 정세변화에 따라 제1기(1991년~1996년)는 아시아 금융위기 이전, 제2기(1997년~1998년)는 아시아 금융위기 기간, 제3기(1999년~2003년)는 세계경제 회복기, 제4기(2004년~2008년)는 고유가 시기, 제5기(2009년)은 전 세계적인 경제불황 등 다섯 가지 시기로 구분하여 에너지 소비패턴의 변화를 살펴볼도록 하자(〈표 7〉, [그림 7] 참조).

제1기는 전체산업과 마찬가지로 제조업 부문의 에너지 소비에 있어서 한국과 일본 간에는 많은 차이점이 있다. 즉 한국의 에너지소비는 생산효과가 높게 나타났으며, 구조효과와 집약도 효과는 미미하였다.

[그림 6] 한·일 양국의 제조업 에너지소비 변화요인 분석결과
(가법적 요인분해, PJ)



[표 7] 한일 양국의 시기별 제조업부문 에너지소비 변화요인 분석결과
(가법적 요인분해, 기준연도 고정 방식)

(단위: PJ)

구분	생산효과		구조효과		집약도효과		총효과	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본	한국	일본
제1기 (1991~1996)	571.56	344.53	75.71	-705.82	37.85	-608.13	685.12	-969.42
제2기 (1997~1998)	-63.75	370.81	20.04	-597.81	-18.26	-43.99	-61.97	-271.00
제3기 (1999~2003)	869.77	287.49	-277.10	-2,331.96	-172.74	863.11	419.92	-1,181.36
제4기 (2004~2008)	729.17	5,059.53	-260.33	-6,561.27	-165.47	-291.82	303.37	-1,793.56
제5기 (2009)	1.50	95.94	-10.75	-1,801.63	6.74	704.55	-2.51	-1,001.14

그에 반해 일본은 생산효과가 일시적으로 큰 폭으로 줄어드는가 하면 구조 효과로 에너지 소비가 줄어들다가 다시 늘어나고 집약도 효과도 일시적으로 개선되다가 악화되는 등 에너지 소비 패턴에서 많은 변화를 보인 시기이다.

제2기에는 아시아 금융 위기로 인해 1998년에는 한국과 일본 모두 산업부문의 에너지 소비에 있어 생산효과 마이너스(-)를 기록하게 되었다. 이시기에 우리나라는 구조효과와 집약도 효과가 크지 않는 반면 일본은 구조효과로 제조업 부문의 에너지 소비가 많이 줄어들었으며, 집약도 효과는 오히려 악화되었다.

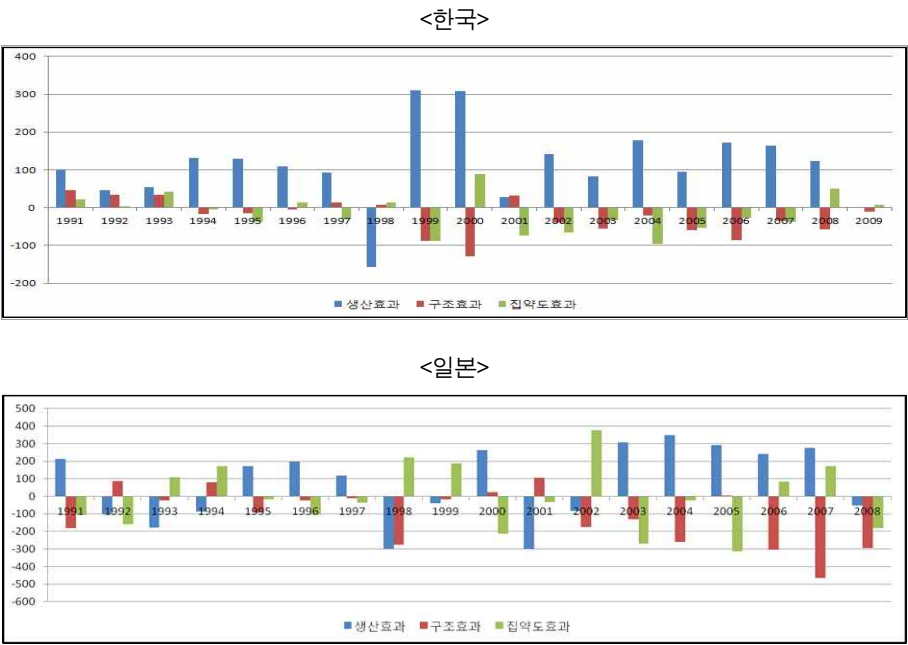
제3기에는 세계경제가 아시아 금융위기로부터 회복되어 감에 따라 이러한 외부 경제요인이 한·일 양국 제조업 부문의 에너지 소비 패턴 변화에 나타나고 있다. 이 시기에는 한국과 일본 모두 생산효과로 에너지 소비가 증가하였으며, 양국 모두 집약도 효과로 인하여 에너지 소비가 감소하였다. 한국의 집약도 효과에 의한 에너지 감소량은 277.10 PJ이었으며, 일본의 집약도 효과에 의한 에너지 감소량은 2,331.96에 달하였다. 하지만 집약도 효과에 있어서는 한국이 집약도 효과가 개선된 반면 일본은 이시기동안 집약도 효과가 악화되었다.

제4기에는 신 고유가 시기로서 한국과 일본 모두 구조효과와 집약도효과가 많이 개선되었다. 이 시기에 한국과 일본의 차이점은 일본의 경우 구조효과가 상당히 많이 진전되어 이로 인한 에너지 소비 감소가 6,561.27에 달한 반면 한국은 구조효과로 인한 에너지 소비 감소가 260.33에 불과하였다. 집약도 효과에 있어서는 한국과 일본 각각 165.47 PJ, 291.82 PJ 에너지 소비가 감소하였다.

제 5기에는 한국과 일본 모두 생산효과가 상대적으로 적었으며, 일본과 한국 모두 구조효과로 인한 에너지 소비가 감소하였다. 하지만 이 시기에 한국과 일본 모두 상대적인 크기는 다르지만 집약도 효과가 악화되었다. 즉 경기침체기에는 산업의 구조조정이 일어나지만 생산의 효율성 감소로 집약도는 악화되는 특징을 보이고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 한국과 일본의 제조업은 외부 경제상황에 상당히 많이 의존하는 대외의존적인 소비 패턴을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

[그림 7] 한일 양국의 제조업 에너지소비 변화요인 분석결과
(가법적 요인분해, 기준연도 변경 방식)



제조업 부문에 있어서도 에너지 효율수준의 개선정도를 알아보기 위해 구조효과를 제외하고 에너지 원단위를 계산해 보았다. 구조효과를 포함하여 계산한 원단위는 우리나라 제조업이 1990년 10.9 PJ/10억불에서 2009년 6.8 PJ/10억불로 37.3% 개선되었고, 일본은 1990년 7.9 PJ/10억불에서 2008년에는 6.3 PJ/10억불로 20% 개선되었다. 그러나 한일 양국이 구조효과로 감소한 452 PJ와 1,801 PJ를 제외하고 2009년의 제조업 에너지 원단위를 계산하면 우리나라는 8.02 PJ/10억불, 일본 제조업의 에너지 원단위는 8.86 PJ/10억불이 되어, 1990년 대비 개선율은 우리나라는 26.4%인 반면, 일본은 12.2% 악화된 것으로 분석된다.

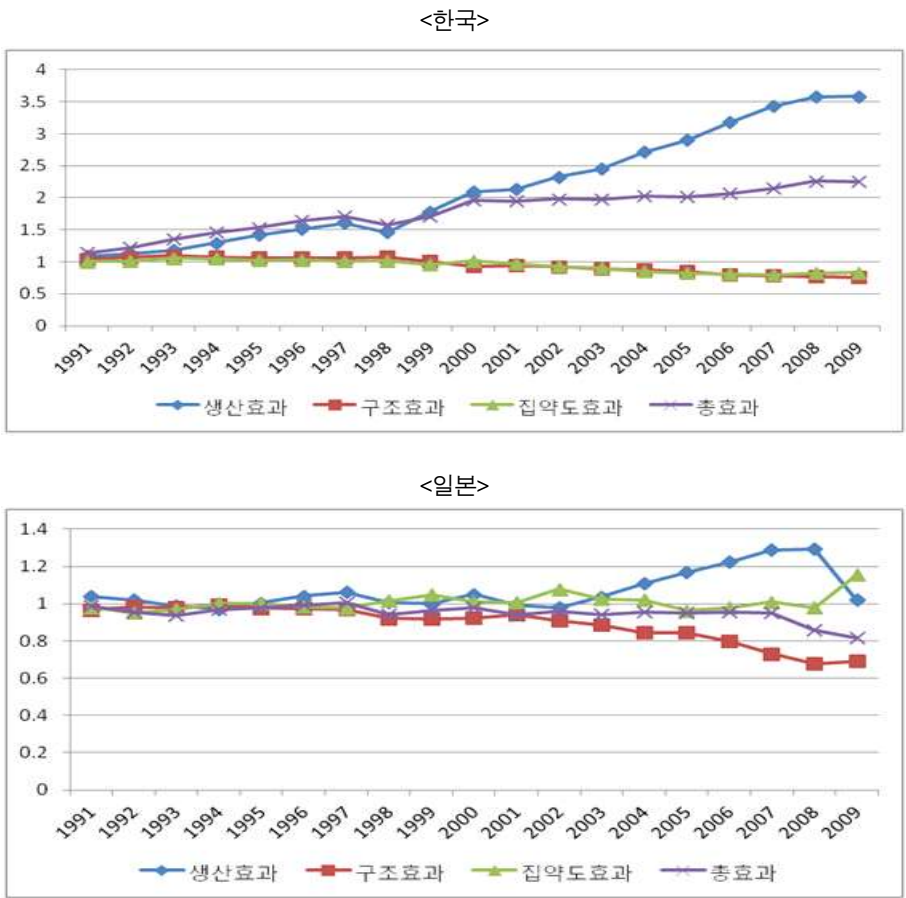
〈표 8〉 한일 양국의 제조업 에너지소비 변화요인 분석결과(승법적 요인분해)

(단위: PJ)

구분	생산효과		구조효과		집약도효과		총효과	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본	한국	일본
1991	1.09	1.04	1.04	0.97	1.00	0.98	1.14	0.99
1992	1.13	1.02	1.07	0.98	1.01	0.95	1.22	0.95
1993	1.18	0.99	1.09	0.98	1.06	0.97	1.36	0.94
1994	1.29	0.97	1.08	0.99	1.05	1.00	1.46	0.97
1995	1.41	1.00	1.06	0.98	1.02	1.00	1.53	0.98
1996	1.51	1.04	1.06	0.97	1.03	0.98	1.64	0.99
1997	1.60	1.06	1.06	0.97	1.00	0.98	1.71	1.01
1998	1.45	1.01	1.07	0.92	1.01	1.02	1.58	0.94
1999	1.78	1.00	1.01	0.92	0.95	1.05	1.71	0.96
2000	2.09	1.05	0.92	0.92	1.01	1.01	1.96	0.98
2001	2.14	0.99	0.94	0.94	0.97	1.01	1.95	0.94
2002	2.32	0.98	0.92	0.91	0.93	1.08	1.98	0.96
2003	2.46	1.04	0.89	0.89	0.90	1.03	1.97	0.94
2004	2.71	1.11	0.88	0.84	0.85	1.02	2.03	0.95
2005	2.90	1.17	0.84	0.85	0.82	0.96	2.01	0.95
2006	3.18	1.22	0.80	0.80	0.81	0.98	2.07	0.95
2007	3.43	1.29	0.79	0.73	0.80	1.01	2.15	0.95
2008	3.58	1.29	0.77	0.68	0.82	0.98	2.26	0.86
2009	3.58	1.02	0.76	0.69	0.83	1.16	2.26	0.81

1990년부터 2009년까지의 제조업에 대한 승법적 요인분해 결과는 <표 8>과 [그림 8]에 나타나 있다. 각 연도별 결과는 1991년부터 에너지증가율에 대한 요인분해 결과이다. 우리나라의 제조업은 1991년부터 2009년까지의 전체 제조업의 에너지소비는 126% 증가하였는데 이 중 생산효과에 의한 증가율이 258%, 구조효과에 의한 감소율은 34%, 집약도 효과에 의한 감소율이 17%이다. 일본의 경우는 전체산업의 에너지소비는 19% 감소하였는데, 이중 생산효과에 의한 증가율은 2%, 구조효과에 의한 감소율은 31%, 집약도 효과에 의한 증가율은 16%로 해석할 수 있다. 그리고 생산효과, 구조효과, 집약도 효과를 모두 곱하면 총효과가 된다.

[그림 8] 한일 양국의 제조업 에너지소비 변화요인 분석결과(승법적 요인분해)



V. 결 론

본 연구는 한일 양국의 과거 19년간(1990년~2009년) 제조업, 서비스업 및 기타 산업을 포함한 산업전체의 에너지 소비추이와 에너지 효율변화를 비교 분석하였다. 특히 LMDI 요인분해 방법을 통해서 에너지 소비변화를 생산효

과, 구조효과, 집약도 효과 등으로 나누어 분석하였고, 구조변화 효과를 포함하지 않은 에너지원단위를 계산함으로써 실질적인 에너지효율 변화도 살펴본다는 점에서 의의가 있다.

1990년부터 19년 동안 한국과 일본의 산업부문 에너지 원단위는 각각 14.4%, 24.5% 개선되어, 일본의 원단위가 더 많이 개선되었다. 이러한 결과를 보다 세부적으로 살펴보기 위해 에너지소비를 생산효과, 구조효과, 집약도 효과 등 세 가지 요인으로 나누어 분석해 본 결과는 다음과 같다. 첫째, 양국 모두 생산효과에 의해서 대부분의 에너지소비가 증가한 것으로 파악되었다. 둘째, 산업전체로 보면 우리나라는 구조효과가 에너지소비를 증가시켰으나 집약도 효과는 에너지소비를 줄이는 역할을 한 반면 제조업에서는 구조효과와 집약도 효과 모두 에너지소비를 줄이는 데 기여했다. 일본은 산업전체로는 구조효과와 집약도 효과 모두 에너지소비를 줄였으나, 제조업에서는 구조효과만이 에너지소비를 감소시켰고 집약도 효과는 에너지소비를 증가시켜 한일 양국의 산업전체와 제조업에서의 구조효과와 집약도 효과는 상이한 양상을 보이고 있다. 셋째 구조효과 내용을 구체적으로 살펴보면, 우리나라 제조업은 구조효과로 인해 에너지 소비가 감소하였으나, 산업전체로는 구조효과가 오히려 에너지소비를 증가시켜 제조업, 서비스업 및 기타 산업들 간의 구조효과는 오히려 에너지소비를 증가시킨 것으로 분석되었다. 반면, 일본은 제조업 내 구조효과로 에너지소비가 크게 감소하였고, 산업전체의 구조효과도 제조업 분야에는 못 미치지만 에너지소비를 감소시켜 제조업, 서비스업, 기타 산업 등을 포함한 산업전반의 구조변화가 있었음을 보여주고 있어, 산업구조 전반에 있어 우리나라보다는 상대적으로 에너지 저소비형으로 변화하였음을 알 수 있다. 넷째, 집약도 효과는 구조효과와 다소 다른 양상을 보였다. 우리나라 제조업의 집약도 효과는 에너지 수요를 감소시켰으나 산업전체의 집약도 효과가 더 크게 나타나 서비스업 및 기타 산업에서도 에너지효율 개선이 많이 이루어진 것으로 나타났다. 반면 일본의 경우는 집약도 효과가 제조업에서는 에너지소비를 증가시킨 반면 산업전체로는 상당한 에너지 감소효과를 보여 비제조업에서만

효율개선이 이루어진 것으로 분석되었다.

분석결과를 종합해 보면, 일본의 에너지원단위 개선은 개별 산업 내에서의 에너지 효율개선보다는 대부분 에너지저소비 산업 및 에너지저소비 제조업종으로의 구조전환의 결과이며, 우리나라는 집약도 효과의 영향이 큰 것으로 확인되었다. 따라서 1990~2009년간 발생한 구조효과를 포함시키지 않고 양국의 에너지원단위를 계산하게 되면, 집약도 변화에 따른 보다 실질적인 에너지효율 개선 정도를 알 수 있다. 계산결과 우리나라 산업전체의 에너지효율은 약 25%, 일본은 17.7%개선되어, 에너지원단위 개선율과 달리 우리나라 산업전체의 에너지효율이 더 많이 개선된 것으로 분석된다. 이를 제조업에 적용하면, 우리나라의 에너지 효율은 26.4% 개선된 반면 일본은 12.2% 악화된 것으로 분석된다.

이러한 분석결과를 토대로 향후 우리나라 산업부문의 에너지효율정책에 관한 다음과 같은 정책적 시사점을 찾을 수 있다. 첫째, 제조업 부문은 그간의 다양한 에너지 효율정책의 실시로 에너지효율 개선이 많이 이루어졌다. 석유정제, 비금속광물 및 기계장비 분야의 효율개선이 특히 두드러졌으나 석유정제, 기계장비업종은 아직도 에너지 원단위가 높은 수준이므로 현재 추진 중인 목표관리제도 확대 등을 통해 에너지효율을 개선하기 위한 특별한 정책적 관심이 필요한 분야로 파악되었다. 둘째, 제조업을 제외한 기타 산업부문은 그동안 상대적으로 에너지 효율정책의 관심대상에서 벗어나 있었던 것이 사실이다. 이중 농림수산업의 에너지원단위는 일본이 29.2% 개선되는 동안 한국은 21.5% 악화되어 양국 간 차이가 가장 큰 분야로서 우리나라 전체산업의 원단위 수준을 끌어내린 주요원인으로 분석되었다. 농림수산업분야는 개별기업의 에너지소비량이 크지 않아 목표관리 대상에는 포함되기 어렵더라도 에너지진단, 고효율 기자재 보급촉진, 자발적 협약, 기술지원 등을 활용한 적극적인 에너지 효율정책의 추진이 필요할 것으로 사료된다. 셋째, 한일 양국의 산업부문간 실질적인 에너지 효율수준의 차이(Energy Efficiency Gap)를 파악하기 위해 양국 산업의 구조적 차이가 없다고 가정하고(우리나라의 산업구조를 일

본의 2009년 산업구조와 동일하다고 가정⁹⁾) 우리나라의 에너지원단위를 계산해 보았더니 산업전체의 에너지원단위는 2.45 PJ/10억불이다. 이는 일본의 1.9 PJ/10억불과 비교해 약 29% 높은 수준이었다. 따라서 29%의 효율격차는 아직도 우리나라의 개별산업 및 업종별 에너지 집약도가 일본 수준에 못 미치고 있기 때문이므로, 이를 줄이기 위해서는 에너지효율 정책을 통해 개별 산업 또는 기업의 고부가가치 상품 개발, 고효율 기기의 활용 확대, 사업장 중심에서 기업중심의 에너지경영 및 목표관리 등을 통한 에너지절약 노력을 적극 지원해야 한다. 넷째, 에너지 안보 및 기후변화 대응을 위해서는 산업부문 내 에너지소비를 지속적으로 줄여 나가야 한다. 이를 위해서는 에너지효율 정책 뿐만 아니라, 에너지 저소비산업 중심으로의 전환을 촉진하는 산업구조조정정책의 병행추진이 불가피할 전망이다. 2009년 우리나라 에너지원단위 3.3 PJ/10억불과 일본의 1.9 PJ/10억불의 격차 74% 중 집약도 차이인 29%를 제외한 나머지 45%의 차이는 결국 양국의 산업구조 차이에서 비롯된 것이다. 이러한 산업구조의 문제를 해결하기 위해서는 제조업 분야의 경쟁력을 유지하면서도 산업정책 차원에서 정보통신 등 에너지 저소비 제조업 및 고부가가치 서비스 산업으로 산업구조 전반을 전환해 나가는 노력을 보다 적극적으로 추진해야 할 것이다.

접수일(2013년 2월 15일), 수정일(2013년 3월 19일), 게재확정일(2013년 3월 25일)

9) 일본의 산업구조에 맞추어 한국의 총 생산량을 각 산업별로 배분하고, 한국의 각 산업별 에너지원단위를 적용하여 새로운 총 에너지사용량을 도출한 후에 산업전체의 에너지원단위를 새로이 계산

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 김수이 · 김현석, 2011, “LMDI 방법론을 이용한 국내 제조업의 에너지 소비 요인 분해 분석”, 『에너지경제연구』, 제10권 제1호, pp49~76.
- 김수이 · 정경화, 2011, “LMDI 방법론을 이용한 국내 제조업의 온실가스 배출 요인 분해 분석”, 『자원 · 환경경제연구』, 제20권 제2호, pp229~254.
- 나인강 · 이성근, 2008, “산업부문 에너지 효율 변화요인 분석”, 『자원 · 환경경제연구』, 제17권 제2호, pp.255~286.
- 사공 목, 2010, “일본 산업구조 비전의 주요 내용과 시사점”, 산업연구원
- 이유아 · 허은녕, 2009.2, “에너지 소비로 인한 이산화탄소 배출량 변화의 상향식지수 분해 분석”, 2009 경제학공동학술대회 자료집.
- 에너지경제연구원, 에너지통계연보, 각 연호
- 에너지경제연구원, 국가온실가스인벤토리, 각 연호
- 진상현 · 황인창, 2009a, “지수분해분석을 이용한 지자체의 에너지 소비특성에 관한 연구”, 『자원 · 환경경제연구』, 제18권 제4호.
- 진상현 · 황인창, 2009b, “지자체의 온실가스 배출특성에 관한 지수분해분석: 에너지부문을 중심으로”, 환경정책 제17권 제3호, pp.101~128
- 통계청, 광공업통계조사보고서, 각 연호.
- 황인창, 2008, “기후변화 대응전략에 따른 이산화탄소 배출량 변화요인 분석: 생태적 근대화 전략을 중심으로”, 『ECO』, 제12권 제2호, pp.153-184.
- Ang, B. W., 1994, “Decomposition of industrial energy consumption :the energy intensity approach”, *Energy Economics* 16 (3), pp. 163 - 174.
- Ang, B. W., Choi, K. H., 1997, “Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: A refined Divisia index method” *Energy Journal* 18 (3), pp. 59 - 73.
- Ang, B. W., 2005, “The LMDI Approach to Decomposition Analysis: a Practical Guide”,

Energy Policy, 33, pp.867-871.

- Ang, B. W., Liu, F. L., 2001, "A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation", *Energy Policy*, 26, pp. 537-548.
- Ang, B. W., Liu, F. L., Chung, H. S., 2002, Index numbers and the Fisher ideal index approach in energy decomposition analysis. Research Report 38/2002, Department of Industrial and Systems Engineering, National University of Singapore.
- Ang, B. W., Zhang, F. L. and Choi, K., 1998, "Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition", *Energy Policy*, 23, pp. 489-495.
- Bacon, R. and S. Bhattacharya, 2007, Growth and CO₂ Emission, Washington, World Bank Environmental Department.
- Boyd, G. A., McDonald, J. F., Ross, M., Hanson, D. A., 1987. "Separating the changing composition of US manufacturing production from energy efficiency improvements: A Divisia index approach", *Energy Journal*, 8 (2), pp. 77 - 96.
- Boyd, G. A., Hanson, D. A., Sterner, T., 1988, "Decomposition of changes in energy intensity—A comparison of the Divisia index and other methods, *Energy Economics*, 10(4), pp. 309 - 312.
- Han, T. and W. Shin, 2007, "Decomposition of CO₂ Emissions in the Manufacturing Sector", *Environmental & Resource Economics Review*, 16(3), pp. 723-738.
- Howarth, R. B., Schipper, L., Duerr, P.A., Strom, S., 1991, "Manufacturing energy use in eight OECD countries", *Energy Economics* 13(2), pp. 135 - 142.
- IEA Energy Balance.
- Jenne, J., Cattell, R., 1983, "Structural change and energy efficiency in industry", *Energy Economics*, 5(2), pp. 114 - 123.
- Kaivo-oja, J. and J. Luukkanen, 2004, "The EU Balancing Between CO₂ Reduction Commitments and Growth Policies", *Energy Policy*, 32, pp.1511-1530.
- Kanako T., 2011, "Review of policies and measures for energy efficiency in industry sector", *Energy Policy*, 39, pp. 6532-6550
- Kwon, T., 2005, "Decomposition of Factors Determining the Trend of CO₂ Emissions

- from Car Travel in Great Britain”, *Ecological Economics*, 53, pp. 261-275
- Lee, K. and W. Oh, 2006, “Analysis of CO₂ Emission in APEC Countries”, *Energy Policy*, 34, pp. 2779-2787.
- Liu, L., Y. Fang, G. Wu and Y. M. Wei., 2007, “Using LMDI Method to Analyze the Change of China's Industrial CO₂ Emissions from Final Fuel Use”, *Energy Policy*, 35, pp. 5892-5900.
- Liu, X.Q., Ang, B.W., Ong, H.L., 1992, “The application of the Divisia index to the decomposition of changes in industrial energy consumption”, *Energy Journal*, 13(4), pp. 161 - 177.
- Marlay, R., 1984. “Trends in industrial use of energy”, *Science* 226, pp. 1277 - 1283.
- METI(Ministry of Economy, Trade and Industry) "Energy in Japan 2010"
- Oh, I., W. Wehrmeyer and Y. Mulugetta, 2010, “Decomposition analysis and mitigation strategies of CO₂ emissions from energy consumption in South Korea”, *Energy Policy*, 38, pp. 364-377.
- OECD STAN Database for Structural Analysis.
- Park, S. H., 1992, “Decomposition of industrial energy consumption—an alternative method”, *Energy Economics* 14(4), pp. 265 - 270.
- Pasquier Sara et al, 2011, “Progress implementing the IEA 25 energy efficiency policy recommendations”, IEA working paper.
- Reitler, W., Rudolph, M., Schaefer, H., 1987. “Analysis of the factors influencing energy consumption in industry: a revised method”, *Energy Economics*, 14(1), pp. 49 - 56.
- Ryan Lisa et al, 2012, “Spreading the net : The multiple benefits of energy efficiency improvements”, IEA working paper.
- Sun, J. W., 1998, “Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model”, *Energy Economics*, 20(1), pp. 85 - 100.
- UN, 2012, “Sustainable energy for all, a framework for action

한국과 일본의 산업부문 에너지 소비에 대한 LMDI 요인분해 분석

[부표 1] 한일 양국의 제조업 에너지소비 변화요인 분석결과
(가법적 요인분해, ISIC23 제외)

(단위: PJ)

구분	생산효과		구조효과		집약도효과		총효과	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본	한국	일본
1991	90.23	188.61	32.50	-183.11	17.32	-86.64	140.05	-81.13
1992	127.90	77.46	50.05	-109.92	22.14	-237.12	200.09	-269.58
1993	177.37	-87.22	80.40	-135.52	64.89	-152.65	322.66	-375.39
1994	296.87	-187.91	61.27	-67.84	68.34	24.35	426.48	-231.40
1995	413.39	-4.95	40.87	-144.37	37.26	-20.71	491.53	-170.03
1996	513.18	142.93	34.29	-186.36	51.97	-59.49	599.45	-102.92
1997	586.76	248.06	25.99	-198.78	28.63	-111.96	641.38	-62.68
1998	436.35	10.76	21.06	-453.24	46.28	56.03	503.68	-386.46
1999	725.88	1.92	-55.19	-447.44	-42.98	183.29	627.72	-262.22
2000	1,020.30	247.87	-165.45	-423.06	39.74	48.97	894.59	-126.22
2001	1,044.42	-22.25	-137.56	-317.08	-18.41	20.05	888.46	-319.28
2002	1,180.68	-87.78	-168.43	-480.30	-80.05	361.69	932.20	-206.39
2003	1,255.94	226.22	-220.25	-581.70	-115.63	65.94	920.06	-289.53
2004	1,413.30	570.66	-256.80	-814.01	-178.25	28.34	978.25	-215.02
2005	1,508.60	842.91	-302.21	-798.61	-238.26	-290.84	968.14	-246.54
2006	1,665.85	1,073.75	-385.93	-1,086.41	-265.95	-204.32	1,013.97	-216.97
2007	1,816.90	1,330.81	-412.59	-1,543.12	-313.69	-26.10	1,090.62	-238.40
2008	1,924.70	1,277.64	-470.45	-1,850.04	-270.38	-137.49	1,183.87	-709.89
2009	1,927.15	146.79	-477.71	-1,744.95	-266.13	657.99	1,183.31	-940.17

[부표 2] 한일 양국의 제조업 에너지소비 변화요인 분석결과
(승법적 요인분해, ISIC23 제외)

(단위: PJ)

구분	생산효과		구조효과		집약도효과		총효과	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본	한국	일본
1991	1.09	1.04	1.03	0.96	1.02	0.98	1.14	0.98
1992	1.12	1.02	1.05	0.98	1.02	0.95	1.20	0.95
1993	1.17	0.98	1.07	0.97	1.06	0.97	1.32	0.92
1994	1.28	0.96	1.05	0.99	1.06	1.01	1.43	0.95
1995	1.40	1.00	1.03	0.97	1.03	1.00	1.49	0.97
1996	1.50	1.03	1.03	0.96	1.04	0.99	1.60	0.98
1997	1.57	1.05	1.02	0.96	1.02	0.98	1.64	0.99
1998	1.42	1.00	1.02	0.91	1.04	1.01	1.50	0.92
1999	1.76	1.00	0.96	0.91	0.97	1.04	1.63	0.95
2000	2.07	1.05	0.89	0.92	1.03	1.01	1.90	0.97
2001	2.11	1.00	0.91	0.94	0.99	1.00	1.89	0.94
2002	2.30	0.98	0.89	0.91	0.94	1.08	1.93	0.96
2003	2.44	1.05	0.86	0.89	0.92	1.01	1.92	0.94
2004	2.68	1.13	0.84	0.85	0.88	1.01	1.98	0.96
2005	2.87	1.19	0.81	0.85	0.85	0.94	1.97	0.95
2006	3.16	1.25	0.77	0.80	0.83	0.96	2.01	0.96
2007	3.42	1.32	0.76	0.73	0.81	0.99	2.09	0.95
2008	3.56	1.32	0.73	0.67	0.84	0.97	2.18	0.86
2009	3.57	1.03	0.73	0.68	0.84	1.16	2.18	0.81

ABSTRACT

LMDI Decomposition Analysis for Industry
Energy Consumption of Korea and Japan

Jungwook Park and Suyi Kim**

The purpose of this paper is to analyze comparatively for energy intensity in industrial sector (agriculture, forestry and fisheries, manufacturing, service industries and other industries including mining, construction) of the two countries, Japan and Korea through LMDI decomposition methodology over the past 19 years (1990-2009). The energy consumption was decomposed into 3 factors such as activity effect, structure effect, intensity effect. The increase of the energy consumption was due to activity effect for both countries. Structure effect and intensity effect had a role in reducing energy consumption in both countries, but the intensity effect was greater than the structure effect in Korea, whereas the structure effect was greater than the intensity effect in Japan. The industrial restructuring along with energy saving policies are needed in order to address the future energy security and climate change.

Key Words : Decomposition Analysis, LMDI, Energy Intensity, Industry
Structure

JEL Codes : Q40

* IEA dispatched officer, Ministry of Knowledge Economy (main author).
jungwpark@naver.com

** Assistant Professor, College of Business Management, Hongik University
(corresponding author). suyikim@hongik.ac.kr