

부문별 에너지소비와 경제성장의 인과관계 분석

박기현* · 김진경**

요 약

본 연구는 분기별 데이터를 이용하여 1990년대 이후 한국의 경제성장과 부문별 에너지소비 사이의 인과관계를 시계열분석법을 이용하여 추정하였다. 에너지소비를 산업부문, 수송부문, 가정·상업부문으로 나누고 실질GDP와의 인과관계를 추정하였다. 수송부문의 경우 에너지소비량과 실질GDP간에는 공적분 벡터가 존재하지 않아 장기균형관계가 존재하지 않았다. 하지만 산업 및 가정·상업부문의 에너지소비량과 실질GDP 사이에는 적어도 1개 이상의 공적분 벡터가 존재하여 장기균형 관계가 존재하는 것으로 분석되었다. 따라서 벡터오차수정모형(VECM)을 사용하여 에너지사용량과 실질GDP간의 인과관계를 검증하였다. 분석 결과, 산업부문의 경우에는 장기적으로 보존가설을, 가정·상업부문에서는 피드백가설을 지지하는 것으로 나타났다. 장기균형관계가 존재하지 않은 수송부문의 경우에는 Granger 인과관계 검증 결과 단기적으로 성장가설을 지지하는 것으로 나타났다.

주요 단어 : 부문별 에너지소비, 경제성장, Granger 인과관계, 벡터오차수정모형
경제학문헌목록 주제분류 : C22, L94, Q43, Q48

* 에너지경제연구원 부연구위원(주저자). pkihyun@keei.re.kr

** 에너지경제연구원 위촉연구원(교신저자). jkkim13204@keei.re.kr

I. 서 론

에너지의 대부분을 수입에 의존하고 있는 한국은 최근 기후변화 대응 및 고유가로 인한 에너지가격 상승에 대응하고자 국가적 차원에서 다양한 에너지수요관리사업을 실시하고 있다. 에너지수요관리사업 ‘국가 에너지전략 로드맵’에서는 2015년까지 에너지절약 10%를 달성 목표로 설정하고 온실가스·에너지 목표관리제도, 평균연비제도, 에너지효율등급제도 등의 다양한 사업을 시행하고 있다.

에너지다소비형 산업이 국가경제에서 큰 비중을 차지하는 만큼 에너지의 역할과 중요성은 간과할 수 없다. 최근 에너지 수급관리 측면에서 광범위한 에너지 절감정책을 강구하고 있는 정책당국 입장에서는 에너지사용량과 경제성장의 관계에 대한 일의적인 추정결과가 요구되고 있다. 특히 한국경제가 고성장 단계를 지나 저성장 단계로 진입되었다고 판단되는 현지점에서 에너지 소비와 경제성장간의 인과관계 규명은 절약과 성장이라는 두 목표를 달성하는 데 있어 중요한 역할을 담당하게 될 것으로 예상된다.

경제성장과 에너지소비에 대한 연구는 오일쇼크 이후 활발히 진행되었다. 일반적으로 경제규모가 커짐에 따라 에너지소비도 증가하는 것으로 받아들여지던 사실은 오일쇼크로 이후 경기침체를 겪으면서 에너지소비와 경제성장의 인과관계에 대해 주목하기 시작하였다. 그 뒤, 많은 연구들이 경제성장과 에너지소비의 인과관계를 규명하고자 하였으나, 서로 상이한 결과를 도출하여 이 둘의 관계 규명을 위한 연구는 아직도 진행 중에 있다. 특히 한국의 에너지 소비와 경제성장의 관계에 대해서도 Yu and Hwang(1984), Yu and Choi(1985), 김철환(1998) Cheng(1997), 이기훈·오완근(2001), Glasure(2002), Soytaş and Sari(2003), 모수원·김창범(2003), Oh and Lee(2004a), Oh and Lee(2004b) 등

의 연구가 있었으나 일관된 결과는 도출되지 않았다. 상이한 결과 도출에 대해서는 연구의 기반이 되는 데이터의 차이, 경제 환경, 분석 기간, 연구방법이 일관되지 않은 것을 원인으로 보는 것이 일반적이다.

본 연구는 이러한 차이점이 각 경제 부문의 특성에 따라 에너지소비도 다르게 나타나는 것에 착안하여 경제성장과 에너지소비의 인과관계를 보다 세부적으로 분석하였다. 국내의 수요관리정책이 부문별로 나누어 정책을 시행하고 있는 점을 감안하여 부문별¹⁾ 에너지사용량과 경제성장간의 관계를 시계열 분석 방법을 이용하여 파악하고자 한다. 이러한 분류는 추후 부문별 에너지정책을 수립하는 데 도움이 될 것으로 사료된다.

본 연구는 2장에서는 에너지소비와 경제성장간의 관계 및 선행연구를 살펴보고, 3장에서는 분석을 위한 모형설정과 분석방법을 제시하며, 4장에서는 실증분석 결과를 도출하였다. 마지막 5장에서는 실증분석을 토대로 그 결과와 시사점을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 에너지소비와 경제성장간의 관계

1. 에너지소비와 경제성장과의 관계

우리나라의 에너지소비와 경제성장간의 관계를 먼저 살펴보자. <표 1>에서 보는 바와 같이 1990년~2011년 동안 우리나라의 실질 국내총생산의 연평균 증가율은 5.5%이며, 같은 기간의 최종에너지 소비는 실질 국내총생산보다 다소 낮은 연평균 5.4%의 비율로 증가하였다. 동기간 산업부문의 에너지소비량은 연평균 6.4%로 실질 국내총생산보다 높은 증가율을 기록하였다. 하지만

1) 여기서 부문별이라 함은 산업부문, 수송부문, 가정·상업부문을 의미한다. 공공부문은 그 비중이 작아서 본 연구에서는 제외하였다. 2012년 현재 전체 에너지소비 중 산업부문은 60.7%, 가정·상업부문은 18.7%, 수송부문은 18.4%의 비중을 차지하고 있다.

수송 및 가정·상업부문의 에너지소비량은 연평균 5.4%, 2.8%의 비율로 각각 증가하였다.

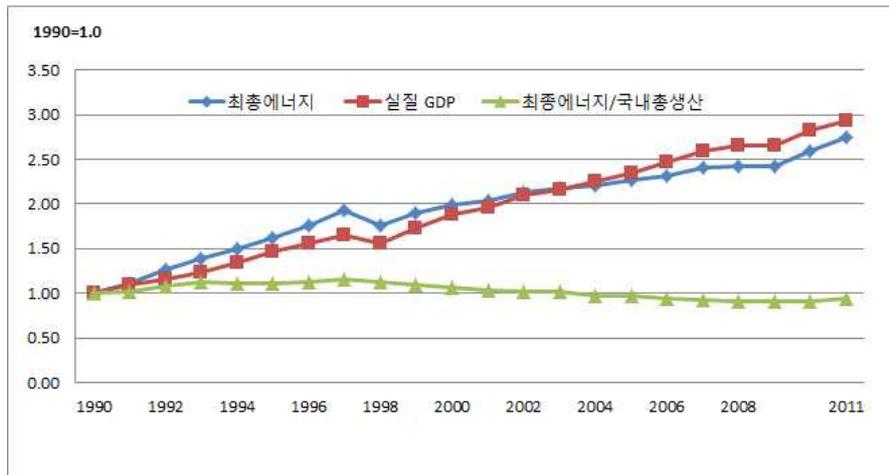
〈표 1〉 주요 경제 및 에너지 지표 변화, 1990년~2011년

구분	1990	2000	2005	2011	연평균 증가율 (%)		
					1990~2000	2000~2011	1990~2011
최종에너지 (백만TOE)	75.1	149.9	170.9	205.9	7.9	3.1	5.4
산업	36.2	83.9	94.4	126.9	9.7	4.0	6.8
수송	14.2	30.9	35.6	36.9	9.1	2.2	5.4
가정·상업	22.0	32.4	36.9	37.5	4.3	1.4	2.8
공공/기타	2.8	2.6	4.1	4.6	0.2	4.8	2.8
국내총생산 (조원,실질)	369.0	694.6	865.2	1081.6	6.9	4.5	5.5

자료 : 에너지통계연보, 에너지경제연구원, 2011

[그림 1]은 1990~2011년간 에너지소비와 국내총생산의 변화과정을 보여 준다.

[그림 1] 우리나라의 경제 및 에너지 관련 주요 지표 변화,
1990년~2011년



그림에서 보는 바와 같이 에너지소비와 경제성장간에는 강한 상관관계가 있음을 보여준다. 하지만 이러한 상관관계가 인과관계를 의미하는 것은 아니므로 적합한 인과관계 도출을 위해서는 보다 깊은 검토가 필요하다. 특히 본 논문에서는 전체 에너지소비 대상이 아닌 부문별 에너지소비와 경제성장간의 인과관계를 중점적으로 분석한다.

2. 선행연구 검토

앞선 실증적인 연구 결과를 바탕으로 경제성장과 에너지소비간의 관계는 보존가설, 성장가설, 피드백가설, 중립가설의 4가지로 정리할 수 있다(Apergis and Payne, 2009; Squalli, 2007; Chen et al., 2007; Mozumder and Marathe, 2007; Yoo, 2005; Jumbe, 2004; Shiu and Lam, 2004).

첫째, 보존가설(conservation hypothesis)은 경제성장이 에너지소비를 증가시킨다는 주장이다. 최초로 경제성장과 에너지소비의 관계를 분석을 시도한 Kraft and Kraft(1978)는 1947년부터 1974년까지 미국의 GNP와 에너지소비를 Sims검정을 이용하여 분석한 결과 경제성장이 에너지소비를 이끈다는 결과를 도출하였다. 이후 Abosedra and Baghestani(1991)는 Kraft and Kraft(1978)를 뒤따르는 연구가 동일한 결과를 얻지 못하자 연구 기간을 1947년부터 1987년으로 확장하여 Granger 인과관계 검정을 실시한 결과 경제성장이 에너지소비를 이끈다는 동일한 결과를 얻었다. Zhang and Cheng(2009)은 1960년부터 2007년까지 중국의 실질GDP와 에너지소비량을 Granger 검정으로 검증한 결과 경제성장이 에너지소비를 증가시킨다는 결과를 얻었다. 보존가설 하에서 에너지절약정책의 시행은 적극적으로 지지된다.

둘째, 성장가설(growth hypothesis)은 보존가설과 정반대로 에너지소비가 경제성장을 이끈다는 것이다. Stern(1993)은 1947년부터 1990년까지 미국의 에너지소비와 GDP 그리고 자본과 노동을 포함시킨 다변량 VAR(multivariate vector autoregressive)모델을 이용한 검정 결과, 앞서 실시된 에너지소비와

경제성장간의 인과관계의 결과를 뒤엎고 에너지소비가 경제성장을 이끈다는 결과를 얻었다. Ho and Siu(2007)는 1966년부터 2002년까지 홍콩의 전기 사용과 실질GDP를 공분산과 벡터오차수정모형을 이용한 분석에서 전기소비가 경제성장을 이끈다는 결과를 도출하였다. 이러한 결과는 에너지절약정책이 경제성장을 저해하므로 정책의 실행에 있어 신중을 기해야 함을 시사한다.

셋째, 피드백가설(feedback hypothesis)은 에너지소비와 경제성장이 일방적인 인과관계가 아니라 상호 영향을 미친다는 것이다. Hwang and Gum(1991)는 대만의 GNP와 에너지소비의 인과관계를 공분산과 오차수정모형을 통해서 두 변수의 쌍방의 인과관계를 발견하였으며, 김철환(1998)은 한국의 에너지소비와 경제성장사이의 인과관계를 분석한 결과, 두 변수 사이에 공적분의 존재를 밝히고, 오차수정모형을 이용하여 쌍방향 인과성을 발견하였다. Oh and Lee(2004a)는 Stern(1993)의 연구를 확장하여 차분을 이용한 VAR모형(vector autoregressive model)이 장기적으로 두 변수의 관계를 판단하는 것에는 무리가 있다고 보고 벡터오차수정모형(vector error correction model; VECM)을 이용하여 한국의 에너지소비와 경제성장을 검증하였다. 그 결과 단기에는 에너지소비가 경제성장을 유도하지만 장기에 걸쳐서는 두 변수가 상호 영향을 끼친다는 결과를 얻었다. 이 경우에도 에너지절약정책은 경제성장에 영향을 미치므로 정책 시행에 있어 신중함이 요구된다.

넷째, 중립가설(neutrality hypothesis)은 에너지소비와 경제성장간에는 아무런 인과관계가 없다는 것이다. Akarca and Long(1980)은 Kraft and Kraft(1978)의 연구가 오일쇼크기간을 포함한 분석으로 인해 불안정한 기간을 선택한 것을 문제 삼으며 분석기간을 2년 줄여서 동일한 Sims(1972)의 방법으로 추정할 결과, 에너지소비와 경제성장간에는 인과관계가 없다는 결과를 도출하였다. Yu and Hwang(1984)도 분석기간을 확장하여 1974년부터 1979년까지 미국의 GNP와 에너지소비량에 대한 Sims검정을 실시한 결과 마찬가지로 두 변수간의 인과관계는 발견되지 않았다. 앞선 연구의 소표본의 문제를 해결하기 위해 Yu and Jin(1992)은 장기적 균형에 중점을 두고 월별자료를 사용하여 공적분

분석을 실시한 결과, 두 변수 사이에 공적분관계가 없으므로 이는 에너지소비와 경제성장간에 인과관계가 존재하지 않음을 관찰하였다.

앞선 연구들이 특정 국가만을 대상으로 에너지소비와 경제성장간의 관계를 분석한 것과는 다르게 Masih and Masih(1996)는 한국뿐만 아니라 아시아 7개 국가의 실질소득과 에너지소비에 대한 시계열자료를 이용하여 인과관계를 분석하였다. 일례로 인도와 한국은 에너지소비가 경제성장을 인도네시아는 경제성장이 에너지 소비를 이끄는 등 국가에 따라 서로 다른 결과가 도출되었다. Lee(2005)는 개별국가에 대해 연구한 앞선 연구들에서 벗어나 18개 개발도상국의 패널데이터를 이용하여 에너지소비와 경제성장을 분석하였다. 그 결과 개발도상국의 경우 에너지소비가 경제성장에 일방적인 인과성을 갖는다는 결과를 도출하였다. Lee and Chang(2007)은 개발도상국과 선진국의 에너지소비와 경제성장을 비교하기 위해 22개의 선진국과 18개의 개발도상국에 대해 패널공분산과 패널오차수정모형으로 분석한 결과, 선진국의 경우는 피드백적인 인과관계가 개발도상국에서는 경제성장이 에너지소비에 일방적인 인과관계를 갖는다는 추정결과를 도출하였다.

서로 상반되는 결과가 도출된 것에 대해 Chen et al.(2007)과 Karanfil(2008)은 사용된 자료의 기간 및 빈도와 추정방법, 경제발전단계 및 산업구조에 따라 다르게 나타나는 것이라고 설명하였다. 선행연구의 결과를 바탕으로 보았을 때, 에너지소비와 경제성장의 관계를 분석할 경우 각 연구 목적에 맞는 연구방법, 자료, 대상기간의 선택에 신중을 기하는 것이 필요하다.

Ⅲ. 모형의 설정 및 분석방법

초기 에너지소비와 경제성장 분석에서 주로 사용된 Granger(1969) 인과관계 검정방법은 시계열 자료를 사용한다는 점에서 기본 가정인 안정성(stationary)

이 위배되므로 이를 해결하고자 변수를 차분하여 안정적인 상태로 만든 후에 분석하였다. 이는 불안정한 시계열을 그대로 분석할 경우 실제로는 두 변수 사이에 관련이 없음에도 불구하고 유의성이 높은 회귀식이 추정되는 가성적 회귀(spurious regression)현상의 초래를 막고자 취한 조치였다. 그러나 차분을 이용한 분석 결과 그 변수 자체가 내포하고 있는 고유한 장기정보가 상실되는 문제가 발생한다. 즉, 이 검정의 경우 장기적 인과관계를 분석할 수 없는 한계가 존재한다. 이러한 문제를 개선하고자 새로운 방안으로 나온 것이 공적분(cointegration)검정이다. 그러나 이 방법을 사용할 경우에도 장기적 균형관계는 알 수 있으나 두 변수의 인과관계는 설명하지 못하는 한계가 있다. 이에 본 논문에서는 벡터오차수정모형(vector error correction model)을 사용한다. 벡터오차수정모형의 경우 단기뿐만 아니라 장기적인 인과관계까지 도출할 수 있다는 장점이 있다. 이는 벡터오차수정모형이 1차 차분된 자료가 아니라 원자료를 사용하므로 일반적인 Granger 검정이 파악할 수 있는 단기적인 인과관계뿐만 아니라 장기 인과관계까지도 추정이 가능하다.

벡터오차수정모형을 이용한 분석은 선행적으로 단위근 검정을 통하여 시계열의 안정성을 검정한 후에 공적분검정을 통해 장기 관계를 알아보고, 마지막으로 벡터오차수정모형을 이용한 단기 및 장기의 인과관계 추정하는 방법이 일반적으로 이용되고 있다. 그러나 검정과정에서 두 변수가 불안정하고 공적분관계가 없다면 Toda and Phillips(1993)에 따라 Granger 인과관계 검정을 실시하고자 한다.

본 연구는 Engle and Granger(1987)와 Toda and Phillips(1993)의 방법에 따라 실질GDP와 에너지사용량에 대한 단위근검정을 실시하고 이 검정을 통해 동일한 I(1)임이 밝혀지면 기존 연구방법에 따라 공적분검정을 통해 공적분의 유무를 판단한 후, 그 결과에 따라 벡터오차수정모형 혹은 Granger 인과관계 검정을 실시한다.

Engle and Granger(1987)에 의해 도입된 공적분(cointegration)은 개별적으로는 단위근을 갖는 불안정(non-stationary)한 시계열이 그들 사이에서 안정

적인 시계열을 생성하는 선형결합이 존재할 경우, 이들 사이의 선형결합 관계를 공적분관계라고 한다. 그렇기 때문에 공적분이 존재한다는 것은 한 변수가 어떤 이유에서 공적분관계에 있는 다른 변수와 안정관계가 깨질 경우, 이 상태가 장기간 지속되지 않고 반드시 이전의 안정적인 관계로 회귀하는 것을 의미하므로 변수 사이에 장기적으로 안정적인 균형관계(long-run equilibrium relation)가 있다고 볼 수 있다. 공적분을 검정하는 방법으로 Engle and Granger (1987)가 제안한 2단계 공적분 검정방법과 Johansen and Juselius(1990)의 최우 추정(maximum likelihood estimation; MLE)방법이 있다. Engle and Granger (1987) 방법의 경우 공적분검정에서 종속변수에 어떤 변수를 놓느냐에 따라 상반된 결론이 나올 가능성의 문제 때문에 Johansen and Juselius(1990)의 최우추정방법을 사용하고자 한다. 최우추정방법은 2단계 공적분검정방법이 가지는 문제를 해결함과 동시에 공적분관계의 존재 개수와 공적분 벡터의 계수를 추정할 수 있다는 것이 장점으로 꼽힌다. 또한 다수의 연구에 따르면 최우추정방법이 2단계 공적분검정보다 신뢰성이 더 높게 나타났다(Maddala, 1992; Gonzalo, 1994; Perman, 1991).

공적분검정결과 에너지소비량과 실질GDP간에 공적분관계가 확인되면 아래의 벡터오차수정모형을 통해 단기적 인과성과 장기적 인과성을 검정해 볼 수 있다.

$$\Delta QE_t = \alpha_1 + \beta_1 ECT_{t-1} + \sum_{i=1}^n \gamma_{ei} \Delta QE_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_{ei} \Delta GDP_{t-i} + \epsilon_{et}$$

$$\Delta GDP_t = \alpha_2 + \beta_2 ECT_{t-1} + \sum_{i=1}^n \gamma_{yi} \Delta QE_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_{yi} \Delta GDP_{t-i} + \epsilon_{yt}$$

위 모형에서 QE는 에너지소비량, GDP는 실질GDP, ECT는 오차수정항으로 QE와 RGDP간의 공적분관계에서 도출된다. 위의 벡터오차수정모형이 불안정한 수준변수와 안정적인 차분변수로 구성되어 있을지라도 오차수정항이 안

정적이므로 추정에 있어 허구적인 추정의 문제는 발생하지 않는다(김철환, 1998).

오차수정항 ECT(β_1, β_2)의 계수는 공적분관계에서 도출된 값으로 원래 수준의 변수를 그대로 사용한 것으로 두 변수의 장기적인 인과관계를 알려주는 값이다. 계수 β_1 이 유의하다는 것은 실질GDP가 에너지소비를 이끈다는 것이고, β_2 값이 유의하다는 것은 에너지소비가 실질GDP성장을 이끈다는 것을 의미한다. 오차수정항 ECT β_1 와 β_2 가 모두 유의하다는 것은 피드백 가설을 지지하는 결과이다. 앞서 실시한 공적분검정에서 두 변수의 장기균형관계를 발견하였기 때문에 β_1 와 β_2 모두 유의하지 않은 값이 나올 수 없다.

에너지소비량과 실질GDP간의 단기적인 인과관계는 계수 δ_{ei} 와 γ_{yi} 의 유의성으로 판단할 수 있다. 만약 모든 i 에 대해 $\delta_{ei}=0$ 이라는 귀무가설이 기각되고 $\gamma_{yi}=0$ 이라는 귀무가설이 채택된다면, 이는 단기적으로 실질GDP가 에너지소비량 증가에 영향을 미친다고 해석할 수 있다. 반면에 모든 i 에 대해 $\delta_{ei}=0$ 이라는 귀무가설이 채택되고 $\gamma_{yi}=0$ 이라는 귀무가설이 기각된다면 이는 에너지소비량이 실질GDP의 증가를 이끈다고 볼 수 있다. 두 계수 모두 유의성을 갖는다는 것은 상호 영향을 미친다는 것으로 해석하며, 모두 유의하지 않으면 중립가설을 지지하는 결과로 볼 수 있다. 1차 차분항에 대한 통계적 유의성 검정은 시차가 1이상일 경우($i>1$) F-검정이나 Joint Wald 검정을 이용하며 오차수정항에 대한 검정은 통상적인 t-검정을 실시한다.

모형의 변수 선택에 있어 Stern(1993)의 제안과 같이 자본이나 가격을 설명 변수에 포함시킴으로써 설명변수 누락에 의한 계량경제학의 문제를 피할 수 있으나 Zachariadis(2007)는 이러한 접근법이 기존 연구와 뚜렷한 차이점이 보이지 않는다고 주장하였다. 이러한 주장에 따라 본 연구에서 다른 변수를 고려하지 않았다.

IV. 실증분석 결과

1. 자료

본 연구에 이용된 자료는 1992년 1분기부터 2012년 3분기까지의 부문별 에너지 사용량과 2005년 기준으로 계절 조정된 분기별 실질GDP이다. 두 변수의 로그값을 취한 후, 시계열자료의 안정성을 살펴보기 위해 ADF검정(Augmented Dickey-Fuller test)을 실시하여 단위근(unit root)의 존재 여부를 파악한다. 자료들이 불안정적인 경우 이들 간에 공적분관계(cointegration relationship)가 존재하는지의 여부를 Johansen의 공적분검정을 이용하여 살펴본다. 여기서 공적분검정을 비롯한 오차수정모형, Granger 인과관계 검정 등은 모두 시차에 민감하게 반응하기 때문에 AIC(Akaike Information Criteria)나 SC(Schwartz Bayesian Criteria) 값을 이용하여 최적시차를 결정한 후에 분석에 들어간다. 이를 기초로 로그화된 변수에 대해 벡터오차수정모형을 이용하여 에너지소비량과 실질GDP간의 장기 인과관계를 검정하고자 한다.

Zachariadis(2007)에 의하면 대표본에 있어서는 추정방법에 관계없이 인과관계 검정이 동일한 통계학적 속성을 갖는다 하더라도 소표본 있어서는 추정 및 검정방법에 따라 결과의 차이가 일어날 가능성이 높다고 한다.²⁾ Zachariadis(2007)는 소표본에서는 검정방법에 따라 다른 결론에 이르는 경우에도 표본 수를 증대시키면 검정방법간에 추정결과가 비슷해지는 경험적 연구결과를 제시하면서 Granger 인과관계 검정의 소표본 한계를 지적하고 적절한 표본 수 확보의 중요성을 강조하고 있다.

따라서 본 연구는 비교적 많은 표본을 확보하기 위하여 분기별 자료를 이

2) 여기서 소표본이라 함은 약 25~35개의 표본을 지칭한다.

용하였다. 이 경우 오일쇼크의 영향으로 에너지사용에 왜곡된 변화가 일어났으리라고 생각되는 1970년대의 자료를 포함시키지 않고도 시계열분석에 필요한 풍부한 표본을 얻을 수 있다. 두 변수의 로그값을 이용하여 단위근 검정과 공적분 검정을 실시하고 이를 기초로 로그화된 변수에 대해 벡터오차수정모형을 이용하여 에너지소비량과 실질GDP간의 인과관계를 검정하고자 한다.

2. 단위근 검정

부문별 에너지사용량과 실질GDP에 대한 단위근 검정에는 가장 보편적으로 이용되는 Augmented Dicky-Fuller(ADF) 검정을 이용하였다. ADF검정을 위한 시차의 수는 Schwartz Information Criteria를 이용하여 선택하였으며 상수항만 포함된 경우와 상수항과 추세가 모두 포함된 모형의 단위근 검정결과가 <표 2>에 제시되어 있다.

〈표 2〉 단위근 검정 결과

변수		검정모형	
		ADF 검정(상수항)	ADF 검정(상수항 및 추세)
수준 변수	실질GDP	-2.02	-2.22
	산업부문 에너지소비	-1.93	-2.63
	수송부문 에너지소비	-2.80	-3.05
	가정·산업부문 에너지소비	-3.04**	-2.38
1차 차분	실질GDP	-4.88***	-5.25***
	산업부문 에너지소비	-4.22***	-4.49***
	수송부문 에너지소비	-3.77***	-4.07**
	가정·산업부문 에너지소비	-6.23***	-31.38***

주: 1) 로그화된 변수에 대한 검정결과이며 수치는 t값임.

2) ***, ** 는 1%, 5% 유의수준임

<표 2>에서 로그화된 원변수(수준변수)에 대한 단위근 검정결과를 보면 추세 포함의 경우 실질GDP와 부문별 에너지소비량은 유의수준 5%에서 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각할 수 없었다. 그러나 1차 차분에 대한 ADF 검정은 5%의 유의수준에서 단위근이 없는 것으로 나타나 실질GDP와 부문별 에너지사용량 모두 I(1)인 것으로 확인되었다. 즉, 각 변수는 불안정적인 시계열로 1차 차분하면 안정적으로 됨을 의미하고, 각 수준변수는 평균과 분산이 시간의 흐름에 따라 불안정한 시계열이라고 할 수 있다.

한편 가정·상업부문 에너지소비의 ADF 검정 결과는 추세포함 여부에 따라 상이한 결과가 제시되어 조심스러운 판단이 요구된다. 추세를 포함할 경우 ADF 검정은 에너지소비와 실질GDP 모두 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각할 수 없었으나, 상수항만을 고려했을 경우 가정·상업부문의 에너지소비는 1% 유의수준에서 단위근이 존재한다는 귀무가설이 기각된다.³⁾

3. 공적분 검정

실질GDP와 부문별 에너지소비량 변수들이 모두 I(1)이기 때문에 두 변수 간에 안정적인 공적분관계가 있는가를 검정하였다. 공적분검정은 EViews version 6의 Johansen 최우추정법을 이용하였다. 공적분검정에 앞서 AIC 및 SC 분석 결과 최적시차는 산업, 수송, 가정·상업부문 모두 6으로 나타났다.

<표 3>에 제시된 공적분 검정결과는 상수항과 선형추세를 가정하고 시차가 6일 때, 실질GDP와 산업부문 에너지소비와의 공적분 결과로서 유의수준 5%에서 1개 이상의 공적분관계가 존재하는 것을 보여준다. 따라서 산업부문

3) 김철환(1998)은 이와 같은 결과에 대하여 다음과 같이 추론하고 있다. 오차항이 약하게 상호의존적이고, 이분산을 갖는 경우에는 접근적으로 동일한 점을 감안하면 두 검정이 추세 포함시 서로 다른 결과를 나타내는 것은 소표본의 경우에 검정력의 차이로 인해 발생한 것으로 보고 있다.

에너지소비량과 실질GDP간의 장기균형 관계가 존재하므로 통상적인 Granger 인과관계 검정 대신 벡터오차수정모형을 통해 그 관계를 검정한다.

〈표 3〉 산업부문의 Johansen 검정의 공적분 검정 결과

귀무 가설	트레이스			최대특성근		
		5%임계치	유의확률		5%임계치	유의확률
r=0	28.573	25.872	0.023	22.809	19.387	0.015
r≤1	5.764	12.518	0.491	5.764	12.518	0.491

주: r은 공적분방정식의 수를 나타낸다.

〈표 4〉에 제시된 수송부문의 에너지소비와 실질GDP사이의 공적분 검정 결과는 상수항과 선형추세를 가정하고 시차가 6일 때의 결과로서 유의수준 5%에서 공적분관계가 존재하지 않는 것으로 나타났다.

〈표 4〉 수송부문의 Johansen 검정의 공적분 검정 결과

귀무 가설	트레이스			최대특성근		
		5%임계치	유의확률		5%임계치	유의확률
r=0	21.787	25.872	0.148	18.110	19.387	0.076
r≤1	3.677	12.518	0.788	3.677	12.518	0.788

주: r은 공적분방정식의 수를 나타낸다.

따라서 수송부문 에너지소비량과 실질GDP 사이에는 장기균형 관계가 존재하지 않는다고 결론지을 수 있다. 장기균형 관계가 없으므로 표준 Granger 인과관계를 통해 경제성장과 수송부문 에너지소비 사이의 인과관계를 알아본다.

〈표 5〉 가정·상업부문의 Johansen 검정의 공적분 검정 결과

귀무 가설	트레이스		최대특성근			
		5%임계치	유의확률		5%임계치	유의확률
r=0	26.509	25.872	0.042	17.346	19.387	0.097
r≤1	90164	12.518	0.171	9.164	12.518	0.171

주: r은 공적분방정식의 수를 나타낸다.

〈표 5〉에 제시된 공적분 검정결과는 상수항과 선형추세를 가정하고 시차가 6일 때, 실질GDP와 가정·상업부문 에너지소비와의 공적분 결과로서 유의수준 5%에서 1개 이상의 공적분관계가 존재하는 것을 보여준다. 따라서 가정·상업부문 에너지소비량과 실질GDP간의 장기균형 관계가 존재하므로 산업부문과 마찬가지로 Granger 인과관계 검정 대신 벡터오차수정모형을 통해 그 관계를 검정한다.

4. Granger 인과관계 검정

산업부문과 가정·상업부문의 벡터오차수정모형 분석에 앞서 수송부문의 에너지소비량과 실질GDP간의 Granger 인과성을 검정해보았다. 로그화된 수송부문 에너지소비량과 실질GDP의 원수준변수에 대해 Granger 인과성을 검정하였다. 〈표 6〉에는 Granger 인과관계 검정에 따른 F값을 제시하고 있다. 〈표 6〉에서 보듯이 먼저 수준변수에 대해 수송 에너지소비량에서 실질GDP로의 Granger 약인과성을 보았을 때 유의수준 10%에서 기각할 수 없었다. 하지만 실질GDP에서 수송 에너지소비량으로의 Granger 약인과성이 없다는 귀무가설은 유의수준 1%에서 기각되었다. 따라서 경제성장이 수송부문 에너지소비를 증가시키는 보존가설(conservation hypothesis)을 지지함을 알 수 있다.

〈표 6〉 Granger 인과관계 검정 결과

Granger 인과관계 귀무가설	시차	수준변수 F값	시차	1차차분 F값
수송 에너지소비 \Rightarrow 실질GDP	6	1.159	5	0.919
실질GDP \Rightarrow 수송 에너지소비	6	4.793***	5	4.705***

- 주: 1. \Rightarrow 는 Granger인과성이 없음을 의미함.
 2. ***는 유의수준 1% 에서 통계적 유의성이 있음을 의미.
 3. 시차는 AIC나 SC의 최적시차 값을 적용하였음.

한편 수송부문 에너지소비량과 실질GDP가 모두 I(1)이기 때문에 Stewart(2005)의 제안대로 수준변수가 아닌 1차 차분변수에 대해 다시 Granger 인과성을 검정해보았다. <표 6>의 검정 결과를 보면 최적시차가 5인 경우 에너지소비량이 실질GDP에 대해 Granger 인과성을 갖지 않는다는 귀무가설이 F=0.919의 값으로 기각할 수 없었고, 실질GDP가 에너지소비량에 대해 Granger 인과성을 갖지 않는다는 귀무가설은 F=4.705로 기각되어 로그값의 1차 차분변수에 대한 Granger 인과관계 검정에서도 실질GDP가 에너지소비량을 증가시키는 즉, 보존가설을 지지하는 것으로 나타났다.

5. 벡터오차수정모형

공적분검정은 수준변수들 간의 장기균형관계를 나타내지만 장기균형관계의 방향은 제시하지 못한다. 따라서 에너지소비량과 경제성장간의 장기균형관계가 존재하는 산업부문과 가정·상업부문의 경우, 벡터오차수정모형(VECM)을 이용하여 두 변수의 장기관계를 알아본다. 앞의 분석모델에서 제시된 VECM의 오차수정항의 계수 β_s 와 단기조정항의 계수 γ_s 와 δ_s 에 대한 산업부문의 추정결과는 아래와 같다. 산업부문의 경우 시차는 최적의 AIC 및 SC 값을 갖는 6으로 하였다.

<표 7>의 VECM 추정결과를 보면 실질GDP 방정식의 오차수정항의 계수는 t의 절대값이 2.6 이상으로 유의수준 1%에서 통계적 유의성이 있었지만, 산업부문 에너지소비량 방정식의 오차수정항의 계수는 t의 절대값이 0.64로 통계적 유의성이 없었다. 따라서 산업부문 경우는 에너지소비에서 실질GDP로의 인과관계가 장기적으로 존재한다는 것을 의미한다. 즉 산업부문 에너지 소비 증가가 경제성장을 이끈 성장가설이 지지되고 있음을 알 수 있다.

<표 7> 산업부문 오차수정모형 추정 결과

	ΔQE	ΔGDP
ECT	-0.010283 [-0.64175]	-0.026892 [-2.67772]
ΔGDP(-1)	0.668754 [3.07320]	0.121047 [0.88751]
ΔGDP(-2)	0.031602 [0.16183]	-0.033954 [-0.27742]
ΔGDP(-3)	-0.115114 [-0.81447]	-0.39004 [-4.40307]
ΔGDP(-4)	0.157658 [1.02774]	0.628102 [6.53268]
ΔGDP(-5)	-0.327744 [-1.64858]	-0.196134 [-1.57407]
ΔGDP(-6)	0.244669 [1.22111]	-0.072874 [-0.58029]
ΔQE(-1)	-0.336968 [-2.46554]	-0.030627 [-0.35754]
ΔQE(-2)	-0.248244 [-1.85532]	-0.085708 [-1.02201]
ΔQE(-3)	0.114763 [0.83454]	-0.046113 [-0.53502]
ΔQE(-4)	0.049579 [0.36374]	-0.361256 [-4.22864]
ΔQE(-5)	0.234505 [1.48926]	-0.239858 [-2.43034]
ΔQE(-6)	-0.263695 [-1.63127]	-0.019266 [-0.19016]
C	0.007979 [1.17885]	0.020315 [4.7888]
F값	18.7262	98.7111

* AIC= -5.22151, SC=-4.79216

주: ECT는 오차수정항. 괄호안은 t값.

한편 위 추정결과에서 단기적인 Granger 인과성에 대한 Joint Wald 검정 결과 1차 차분된 실질GDP의 시차변수값들이 산업부문 에너지소비량에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는다는 귀무가설(δ 가 모두 0 이라는 가설)도 유의수준 1%에서 기각되었다($\chi^2 = 29.83219, p = 0.0000$). 또한 1차 차분된 산업부문 에너지소비량의 시차변수 값들이 실질GDP에 대해 통계적으로 유의적인 영향을 미치지 않는다는 귀무가설(γ 가 모두 0이라는 가설)은 유의수준 1%에서 기각되었다($\chi^2 = 25.21585, p = 0.0003$). 따라서 <표 7>의 추정결과는 단기적으로 산업부문의 에너지소비량과 실질GDP간에 쌍방향의 Granger 인과성이 있음을 보여주고 있다.

<표 8> 가정 · 상업부문 오차수정모형 추정 결과

	ΔQE	ΔGDP
ECT	0.120117 [2.85551]	0.024145 [2.23170]
$\Delta GDP(-1)$	0.792914 [1.47279]	0.170232 [1.22937]
$\Delta GDP(-2)$	1.369146 [2.69008]	0.041578 [0.31762]
$\Delta GDP(-3)$	0.257097 [0.51871]	-0.368104 [-2.88754]
$\Delta GDP(-4)$	-0.790441 [-1.67838]	0.311265 [2.56968]
$\Delta GDP(-5)$	-0.493400 [-0.97745]	-0.388680 [-2.99375]
$\Delta GDP(-6)$	-0.111307 [-0.21730]	0.052965 [0.40203]
$\Delta QE(-1)$	-0.554247 [-3.22619]	0.046852 [1.06033]
$\Delta QE(-2)$	-0.629088 [-3.31309]	0.053787 [1.10136]
$\Delta QE(-3)$	-0.538112 [-2.57648]	0.058336 [1.08598]
$\Delta QE(-4)$	0.150179 [0.75072]	-0.002809 [-0.05459]
$\Delta QE(-5)$	0.087078 [0.51578]	0.010161 [0.23401]
$\Delta QE(-6)$	0.085119 [0.67719]	0.023184 [0.71712]
C	0.000676 [0.04151]	0.012769 [3.04994]
$F_{\text{값}}$	329.7266	91.7910

* AIC=-5015229 , SC=-4.72294

주: ECT는 오차수정항. 괄호안은 t값.

<표 8>의 가정·상업부문 VECM 추정결과는 아래와 같다. 실질GDP 방정식의 오차수정항의 계수는 t의 절대값이 2.23으로 유의수준 5%에서 통계적 유의하며, 가정·상업부문 에너지소비량 방정식의 오차수정항 계수는 t의 절대값이 2.85로 유의수준 1%에서 통계적 유의성이 있었다. 따라서 가정·상업부문의 경우 에너지소비와 실질GDP간에는 피드백가설이 지지되고 있음을 알 수 있다.

한편 위 추정결과에서 단기적인 Granger 인과성에 대한 Joint Wald 검정 결과 1차 차분된 실질GDP의 시차변수 값들이 가정·상업부문 에너지소비량에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는다는 귀무가설(δ 가 모두 0이라는 가설)은 유의수준 5%에서 기각되었다($\chi^2 = 18.8063, p = 0.004$). 또한 1차 차분된 가정·상업부문 에너지소비량의 시차변수값들이 실질GDP에 대해 통계적으로 유의적인 영향을 미치지 않는다는 귀무가설(γ 가 모두 0이라는 가설)도 유의수준 1%에서 기각되었다($\chi^2 = 22.55018, p = 0.001$). 따라서 <표 8>의 추정결과는 장기뿐만 아니라 단기적으로도 가정·상업부문의 에너지소비량과 실질GDP간에 쌍방향의 Granger 인과성이 있음을 보여주고 있다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 각 부문별로 에너지소비가 상이한 점에 착안하여 부문별 에너지소비와 경제성장의 인과관계를 알아보기 위하여 1992년 1분기부터 2013년 3분기까지 분기별 자료를 이용하여 분석을 시도하였다. 추정결과 각 부문의 특성에 따라 에너지소비와 경제성장간에 상이한 인과관계가 도출되었다. 우선 산업부문은 에너지소비와 경제성장간에 공적분이 존재하여 두 변수가 장기적인 균형관계에 있음을 발견하였고, 그 인과관계 방향을 알아보기 위한 벡터오차수정모형을 이용한 분석 결과 장기적으로 에너지소비 증가가 경제성장을 이끈다는 결과를 얻었다. 수송부문의 경우에는 두 변수 간에 공적분관계가 없으므로 장기균형관계는 존재하지 않으나 Granger 인과관계의 검정을 실시한

결과 단기적으로 경제성장이 수송부문의 에너지소비를 증가시킨다는 결과를 얻었다. 가정·상업부문의 경우에도 산업부문과 마찬가지로 두 변수사이에 공적분관계가 성립하므로 장기균형관계가 존재하는 것은 동일하였으나 인과관계에 있어서는 에너지소비와 경제성장이 서로 영향을 주는 피드백 가설을 지지하는 것으로 나왔다.

물론 본 연구가 에너지소비와 경제성장간의 이론적 인과성을 의미하기 보다는 두 변수간의 경험적 선·후행 관계를 보여주는 것으로 해석할 수 있지만, 지난 20년간 각 부문별 에너지소비가 경제성장에 단기적·장기적 인과성을 가졌다는 연구결과에서 산업과 가정·상업부문의 에너지절약정책이 실물경제의 위축을 가져올 수 있음을 시사해주고 있다.

본 연구의 분석 결과는 에너지절약정책이 시행과 더불어 지속적인 경제성장을 달성해야 하는 정책적 과제를 고려하여 보다 효율적인 정책 입안에 기인하고자 한다. 특히 이 연구는 현재 산업과 가정·상업부문의 강력한 에너지절약정책의 실행이 경제성장을 저해하는 요소로 작용할 수 있다는 점을 시사해주고 있다. 한편, 전체 에너지 사용의 약 19.5%를 차지하고 연평균증가율이 5.4%에 달하는 수송부문의 경우, 경제성장이 에너지소비를 증가시킨다는 결과를 얻으므로 적극적인 에너지절약정책을 시행한다면 경제성장의 부정적인 영향 없이도 에너지절약의 효과를 얻을 수 있을 것으로 보인다. 그러나 무엇보다도 에너지정책의 실질적 효과를 얻기 위해서는 정책의 파급효과를 고려함과 동시에 각 산업 간의 유기적인 협조체제가 필요하다. 이와 더불어 에너지정책의 특성상 그 결과가 장기간에 걸쳐 나타나므로 보다 체계적이고 일관성 있는 에너지 정책이 필요하다.

한편 본 연구는 경제성장과 부문별 에너지소비에 초점을 두었으므로 경제의 주요변수인 자본, 노동, 가격과 같은 요소를 포함하지 않았다. 이에 자본, 노동, 가격 등을 포함하는 다변량 모형에 대한 연구는 추후 과제로 남겨둔다.

접수일(2013년 6월 12일), 게재확정일(2013년 8월 12일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 김철환. 1998. “한국의 에너지소비와 경제성장 사이의 인과관계: 오차수정모형” 「한국 경제연구」. 제1권.
- 모수원 · 김창범. 2003. “에너지소비와 경제성장의 동태적 인과관계” 「자원 · 환경경제 연구」. 제12권 제2호.
- 에너지경제연구원. 2011. 「에너지통계연보」.
- 이기훈 · 오완근. 2001. “에너지소비와 경제성장간의 인과관계 재분석: 디비지아 에너지 지수와 CO₂ 배출량의 적용” 「경제학연구」. 제49권 제1호.
- Abosedra, S. and H. Baghestani. 1991. “New evidence on the causal relationship between United States energy consumption and gross national product.” *Journal of Energy and Development*, Vol.14, pp.285-292
- Akarca, A. T. and T. V. Long. 1980. “On the relationship between energy and GNP: a re-examination.” *Journal of Energy and Development*, Vol.5, pp.326-331
- Apergis, N., Payne, J.E. 2009. “Energy consumption and economic growth in Central America: evidence from a panel cointegration and error correction model.” *Energy Economics* 31, 211 - 216.
- Chen, S.-T., Kuo, H.-I., Chen, C.-C. 2007. “The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian Countries.” *Energy Policy* 35, 2611 - 2621.
- Cheng, B.S. 1997. “Energy Consumption and Economic Growth in Brazil, Mexico, and Venezuela: A Time Series Analysis.” *Applied Economics*, Letters Vol.4,
- Engle, R. F. and C.W.J. Granger. 1987. “Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing.” *Econometrica*, 55, 251-276.
- Glasure, Y. U. 2002. “Energy and National Income in Korea: Further Evidence on the Role of Omitted Variable.” *Energy Economics*, 24, 355-365.

- Granger, C. W. J. 1969. "Investigating Causal Relation By Econometric and Cross-Sectional Method." *Econometrica*, 37, 424-438.
- Gonzalo, J. 1994. "Comparison of Five Alternative Methods of Estimating Long-Run Equilibrium Relationships." *Journal of Economics*, Vol.60, No. 12, pp.203-233.
- Ho, C-Y., Siu, K.W. 2007. "A dynamic equilibrium of electricity consumption and GDP in Hong Kong: an empirical investigation." *Energy Policy* 35 . 4), 2507 - 2513.
- Hwang, D.B.K and B. Gum. 1991."The causal relationship between energy and GNP: the case of Taiwan." *Journal of Energy and Development*, Vol.16, pp.219-226
- Johansen, S. and K. Juselius. 1990. "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Application to the Demand for Money." *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 169-210.
- Jumbe, C.B.L. 2004. "Cointegration and causality between electricity consumption and GDP: empirical evidence from Malawi." *Energy Economics* 26, 61 - 68.
- Karanfil, F. 2008. "Energy consumption and economic growth revisited: does the size of unrecorded economy matter?." *Energy Policy* 36 (8), 3029 - 3035.
- Kraft, J. and Kraft A. 1978. "On the Relationship Between Energy and GNP." *Journal of Energy and Development*, 3, 401-403.
- Lee, C. C. 2005. "Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Co-integrated Panel Analysis." *Energy Economics*, 27, 415-427.
- Lee, C. C. and C. P. Chang. 2007. "Energy Consumption and GDP Revisited: A Panel Analysis of Developed and Developing Countries." *Energy Economics*, 29, 1206-1223.
- Maddala, G.S. 1992. Introduction to Econometrics, Macmillan.
- Masih, A.M.M. and R. Masih. 1996. "Energy Consumption, Real Income and Temporal Causality: Results from a Multi-Country Study Based on Cointegration and Error-Correction Modelling Techniques." *Energy Economics*, 18, 165-183.
- Mozumder, P. and Marathe, A. 2007. "Causality Relationship Between Electricity Consumption and GDP in Bangladesh." *Energy Policy*, 35, 395-402.

- Oh, W. K. and Kihoon Lee. 2004a. "Causal Relationship Between Energy Consumption and GDP Revisited: the Case of Korea 1970-1999." *Energy Economics*, 26, 51-59.
- _____. 2004b. "Energy Consumption and Economic Growth in Korea: Testing the Causality Relation." *Journal of Policy Modelling*, 26, 973-981.
- Perman, P. 1991. "Cointegratuib: An Introduction to the Literature." *Journal of Economic Studies*, Vol.18, No 3, pp.3~20.
- Shiu, A., Lam, P. 2004. "Electricity consumption and economic growth in China." *Energy Policy* 32, 47 - 54. 4
- Sims, C. A. 1972. "Money, Income and Causality." *American Economic Review*, September, 540-552.
- Soytas, U. and Sari, R. 2003. "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G7 Countries and Emerging Markets." *Energy Economics*, 25, 33-37.
- Squalli, J. 2007. "Electricity consumption and economic growth: bounds and causality analyses for OPEC members." *Energy Economics* 29, 1192 - 1205.
- Stern, D. I. 1993. "Energy and Growth in the U.S.: A Multivariate Approach." *Energy Economics*, 15, 136-150.
- Stewart, Kenneth G. 2005. *Introduction to Econometrics*, Thomson, 2005.
- Toda, H. Y. and Phillips, P. C. 1993. "Vector Autoregressions and Causality." *Econometrica*, 61, 1367-1393.
- Yoo, S. 2005. "Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea." *Energy Policy* 33, 1627 - 1632.
- Yu, E. S. H. and J. Y. Choi. 1985. "The Causal Relationship Between Energy and GNP: An International Comparison." *Journal of Energy and Development*, 10, 249-272.
- Yu, E. S. H. and B. K. Hwang. 1984. "The Relationship Between Energy and GNP: Further Results." *Energy Economics*, 6(3), 186-190.
- Yu, E. S. H. and J. C. Jin. 1992. "Co-integration Tests of Energy Consumption, Income and Employment." *Resource and Energy*, 14(3), 259-266.

- Zachariadis, Theodoros. 2007. "Exploring the Relationship Between Energy Use and Economic Growth with Bivariate Models: New Evidence from G-7 Countries." *Energy Economics*, 29, 1233-1253.
- Zhang, Xing-Ping, Cheng, Xiao-Mei. 2009. "Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China." *Ecological Economics* 68 (10), 2706 - 2712.

ABSTRACT

Sectoral Energy Consumption and Economic
Growth in Korea

Kihyun Park* and Jinkyong Kim**

This study examines the relationship between sectoral energy consumption and economic growth for Korea from 1991 to 2011 employing the vector error-correction model estimation. With respect to the direction of causality, industrial sector is uni-directional running from energy consumption to economic growth in long term as well as short term. Transport sector, on the other hand, real GDP growth leads to energy use only in short term. Lastly, there is bidirectional causality between energy consumption and real GDP in residential and commercial sector. These findings have important policy implications, since the adoption of suitable structural policies can induce energy conservation.

Key Words : Sectoral energy consumption, Economic growth, Granger causality, Vector error correction model

JEL Codes : C22, L94, Q43, Q48

* Associate Research Fellow, Korea Energy Economics Instituted(main author).
pkihyun@keei.re.kr

** Research Assistant, Korea Energy Economics Institute(corresponding author).
jkkim13204@keei.re.kr