Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (2016) 30(3) : 39~45
http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2016.30.3.039 ISSN 1229-4691(Print) ISSN 2287-5034(Online)
논문 30-3-5

한국의 산업별 전력소비와 경제성장간 인과관계 분석

(An Analysis on the Causal Relation Between Electricity Consumption and GDP by industries in KOREA)

박민혁* · 노건기 · 이승은**
(Min Hyug Park · Geon Ki Roh · Seung Eun Lee)

Abstract

In these days global energy policy is changed from “supply” to “demand”. In this regards, there are needs to analysis on effect of policy such as energy efficiency strategy, electricity rates. This study examines the relationship between energy consumption reduced by new energy policy and GDP growth for each industrial sector for Korea from 1970 to 2013. With respect to the direction of causality, energy use of 1th industry like agriculture and mining leads to GDP growth. On the other hand, GDP growth of 2nd industry, manufacturing, leads to energy use. And there is bidirectional causality in 3rd industry, service sector. These findings imply that the government policies aimed at reducing electricity consumptions and increasing energy efficiency should be progressed cautiously depend on status of each industry condition.

Key Words : Causality, Electricity consumption, GDP growth, Industry, VECM

1. 서 론

우리나라는 에너지소비의 97%를 수입에 의존하고 있고 국제에너지시장의 불확실성에 매우 취약한 제조업 중심의 경제구조를 가지고 있다. 아울러 ’90～’12년 최종에너지 소비증가율은 연평균 5.0%로 GDP 성장률 5.4%와 비슷하게 빠르게 증가하고 있다. 특히 산업부문 에너지소비량은 연평균 6.2%로 GDP보다 높은 증가율을 기록하고 있는 상황이다. 최근 강화되고 있는 온실가스 감축 정책과 전원믹스 구성, 송전망 확충 등 전력공급에 드는 비용의 증가는 공급 위주 정책에 한계를 보여 주고 있다. 패러다임의 변화에 따른 전력수요의 충족을 위하여 공급 확대보다는 합리적으로 수요를 줄인 후 공급의 확대를 설계하는 수요관리중심 정책으로 전환이 필요한 시점이다. 이에 정부는 국내 에너지정책 기조를 수요관리 중심으로 전환하면서 ’35년까지 전력수요량의 15%를 감축하는 목표를 설정하였다.

* Main author : Ph.D. Candidate, Dept. of Energy Policy, The Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science & Technology
** Corresponding author : Researcher, KEMRI
Tel : 061-345-3650, Fax : 061-345-3629
E-mail : bluekite@kepco.co.kr
Received : 2016. 1. 15.
Accepted : 2016. 2. 3.

Copyright ⓒ 2016 KIIEE All right's reserved
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수요관리중심 정책은 에너지수급안정과 강화되고 있는 기후변화 대응 정책에 대응하여 사회적 수용성과 환경성, 경제성을 이끌 수 있는 효율적 대안이라 할 수 있다. 소비절감을 위한 대표적 접근 방법으로 수요측 설비 효율향상과 요금 합리화 등을 통한 합리적 소비 유도를 고려할 수 있다. 하지만 우리나라는 에너지다소비 산업의 비중이 타국대비 높은 편이기 때문에 이들 전력 수요감축 정책에 대한 반응은 다양하고 민감하다. 표 1과 같이 2013년 우리나라 전력사용량 구성비는 제조업이 51%를, 서비스업이 28%를, 1차 산업이 3%를 각각 차지하고 있는 특징을 보이고 있다. 에너지 소비감축 추진과 관련하여, 전력은 생산의 중간재로 사용되고 있으므로 전력요금 합리화와 같은 소비 감축노력이 경제성장에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다는 우려가 있는 한편, 전력요금은 수요측 효율성 향상을 위한 투자 경제성에 큰 영향을 미치므로 낮은 전력요금의 유지가 전력소비 감축을 위한 자발적 투자에 부정적 영향을 미칠 수 있다는 견해도 있다. 이러한 배경하에 수요관리 정책 활성화에 따른 산업별 전력 사용량 변동이 산업별 경제성장에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위한 인과관계 분석 연구가 필요하였다.

Table 1. Share of electricity consumption by Industry

구 분	주택용	공공용	서비스용	농어업	광업	제조업	합계
1970년	10%	8%	12%	1%	5%	64%	100%
2013년	13%	5%	28%	3%	0.3%	51%	100%
증 감	+3%	-3%	+16%	+2%	-4.7%	-13%	0

그간 전력소비와 경제성장간 관계에 대하여 국내 선행연구가 진행되었으나 연구기반이 되는 데이터, 경제환경, 분석기간, 연구방법이 동일하지 않아 상이한 결과를 도출하고 있다. 특히 산업 전반의 부문별 에너지 소비와 경제성장간 관계를 분석한 연구는 존재하나 전력부문별 소비와 경제성장간 관계를 분석한 연구는 전무한 상황이다[1-3]. 또한 미국, 88개국, OECD 국가 등을 대상으로 에너지소비와 경제성장간 분석한 해외 선행연구의 경우도 각기 다른 통계적 기법으로 국가별 에너지 소비특성을 고려한 결론을 내고 있다[4-6]. 이들 문제점을 극복하기 위해 본 논문은 한국의 산업별(1차, 2차, 3차) 전력소비량과 산업별 실질GDP 통계를 바탕으로 인과성 검정을 하여 전력소비와 경제성장간 관계를 규명하고자 하였다.

2. 선행연구

경제성장과 에너지소비, 또는 전력소비간 인과관계에 대한 국내・외 선행연구는 ① 경제성장이 에너지소비를 유도한다는 보존가설(conservation hypothesis), ② 에너지소비가 경제성장을 유도한다는 성장가설(growth hypothesis), ③ 에너지 소비와 경제성장이 양방향 인과성을 나타내는 상호의존가설(interdependence hypothesis), ④ 에너지 소비와 경제성장 간에는 아무런 인과관계가 없다는 중립가설(neutrality hypothesis) 등 4개의 가설을 중심으로 이루어져 왔다[7].

Kraft and Kraft(1978)는 미국을 대상으로 에너지소비와 경제성장 간 인과관계를 분석한 후, 보존가설을 선택하고 있다[4]. Huang, Hwang, and Yang (2007), Yoo(2006), Lee(2005), Asafu-Adjaye(2000), Ghosh(2002), Soytas and Sari(2003), Yuan et al.(2007), Shiu and Lam(2004), Glasure and Lee(1997) 등이 전력수요와 경제성장의 경제적 관계를 Granger 검정법 뿐만 아니라 VAR모형, 공적분추정법과 동태오차수정모형 등을 활용하여 규명하였는데, 전력수요와 경제성장 상호간에 긍정적인 영향이 있다는 결론을 제시하고 있다[5-16]. 전력소비를 활용한 논문들을 살펴보면, Yoo and Lee(2010)는 88개국 일인당 전력소비와 일인당 국민소득 간의 관계를 분석한 결과 역U자형, 즉 일정수준의 일인당 국민소득까지는 성장가설을, 그 이상에서는 보존가설을 검증하고 있다[5]. Lee and Lee(2010)는 OECD 25개국을 대상으로 전력소비는 소득 탄력적이면서 가격 비탄력적 관계를 가지고 있는 것으로 분석하고 있다[17]. 조정

Table 2. Summary of literature review

저자(연도)	분석대상	분석결과
Kraft and Kraft(1978)	미국 자료	경제성장 → 에너지 소비
Yoo and Lee(2010)	88개국 자료	인당 전력소비와 인당 GNP간 역U유자형
Lee and Lee(2010)	25개 OECD국가 자료	전력소비는 소득탄력적, 가격비탄력적
Yu and Choi(1985)	한국 1차 에너지원 자료	석유소비 → 경제성장
Oh(1997)	한국 1차 에너지원 자료	실질 GDP → 1차 에너지 소비
Glasure and Lee(1997)	한국 총에너지소비량	경제성장 ⇔ 에너지 소비
조정환 · 강만옥(2012)	한국 산업별 전력소비량	경제성장 → 1차산업, 제조업 전력소비
박기현 · 김진경(2013)	한국 부문별 전력소비량	산업,가정,상업부문 전력소비 → 경제성장

환 · 강만옥(2012)은 우리나라 총 GDP와 1차 산업, 제조업, 서비스업별 전력소비량간 인과관계 분석을 통해 경제성장이 1차 산업과 제조업의 전력소비를 견인하는 반면, 서비스업은 경제성장과 전력소비간 독립적인 관계가 있음을 밝혔다[18]. 박기현 · 김진경(2013)은 산업부문, 가정 · 상업부문, 수송부문으로 나누어 수요측 절약정책이 실물경제에 위축을 가져오는지 여부를 검증하였는데 산업부문, 가정 · 상업부문의 에너지 절감정책이 실물경제의 위축을 가져올 수 있다고 결론을 냈다[7].

하지만 선행 연구들은 총에너지 소비 또는 전력소비와 경제전체의 GDP 간 관계를 분석하고 있어 산업별 관계를 분석하는데 한계가 있다.

3. 분석방법과 모형설정

3.1 분석방법

본 논문은 한국의 농 · 어업, 광업, 제조업, 서비스업의 전력판매량과 업종별 실질 GDP 시계열 자료를 활용하였다. 분석방법은 각 변수들에 대한 단위근 검정 및 공적분 검정을 한 후 표준적인 Granger 인과관계 검정 또는 벡터오차수정모형(VECM)을 이용한 인과관계 검정을 실시하였다[19]. 먼저, 시계열의 경로가 평균의 수준에서 벗어나서 불규칙적으로 움직이는 이른바 랜덤워크를 따르는지를 살펴보기 위해 ADF 검정, PP검정 등을 활용하여 단위근 검정을 실시하였다[20]. 이때 단위근 시계열로 이루어지는 선형결합이 정상시계열이 되는 경우에 서로 공적분(cointegration)되어 있다고 할 수 있으므로 공적분 관계 여부도 검증을 하였다. 시계열들이 공적분 관계에 있을 경우 벡터오차수정모형(VECM)을 이용한 Granger 인과성 검정 방식을 이용하고, 공적분 관계가 없을 경우 표준적인 Granger 인과성 검정을 수행하였다[21].

3.2 분석모형

본 연구에서 적용한 전력소비(X_t)가 경제성장(Y_t)에 미치는 인과성 검증을 위한 VECM 모형은 다음과 같다.

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^{L_{11}} \beta_{11i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{12}} \beta_{12j} \Delta X_{t-j} + \gamma_1 \epsilon_{t-1} + u_{1t} \quad (1)$$

이 모형에서 최적시차의 결정은 인과성 검정에 매우 큰 영향을 미치므로 공적분 관계가 있는 변수들을 VECM모형에 적용하여 AIC(Akaike information criterion)와 SC(Schwarz criterion)를 동시에 최소화하는 시차를 결정하였다. 인과성 검정은 단기적 인과

Table 3. Basic data analysis

	ln(GDP)				ln(전력소비량)			
	농업	광업	제조업	서비스업	농업	광업	제조업	서비스업
평균	9.96	7.61	11.04	12.40	14.04	13.71	17.78	16.60
최대값	10.3	7.84	12.69	13.51	16.39	14.47	19.31	18.70
최소값	9.43	7.27	8.53	10.92	10.82	12.90	15.42	13.72
표준편차	0.24	0.14	1.22	0.83	1.79	0.40	1.14	1.63
왜도	-0.54	-0.49	-0.44	-0.31	-0.43	-0.42	-0.48	-0.16
첨도	2.31	2.86	2.07	1.71	1.78	2.57	2.09	1.60

성, 장기적 인과성 검정으로 나누어서 분석하는데 식 (1)에서 차분된 전력소비 변수($\triangle X_t$)의 추정계수인 β_j들이 통계적으로 유의하면 전력소비(X_t)와 경제성장(Y_t)간에 단기적으로 Granger 인과관계를 가지고 있다고 해석하였다. 또한 오차수정항 계수인 γ_1이 통계적으로 유의하면 전력소비(X_t)와 경제성장(Y_t)이 장기적으로 Granger 인과관계를 가지고 있는 것으로 분석하였다. 이러한 경우 각각 단기적, 장기적측면에서 전력소비량이 경제성장을 이끈다고 해석할 수 있다. 반대로 경제성장(Y_t)이 전력소비(X_t)를 단기적, 장기적으로 이끄는지 여부는 다음과 같은 식 (2)로 검증하였다.

$$\Delta X_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^{L_{11}} \beta_{11i} \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{12}} \beta_{12j} \Delta Y_{t-j} + \gamma_1 \epsilon_{t-1} + u_{1t} \quad (2)$$

식 (1)에서 $\triangle X_t$와 식 (2)에서 $\triangle Y_t$ 의 추정계수에 대한 유의성 검정은 Wald-test를 이용하며, 추정된 회귀계수들에 대한 검정은 F-검정을 활용하였고, 오차수정 계수의 유의성 검정은 t값을 이용하였다. 다만 개별시계열이 정상 시계열이고 공적분관계가 존재하지 않으면 식 (3)처럼 일반적인 Granger 검정을 수행하였다.

$$Y_t = \sum_{i=1}^{p} \alpha_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^{p} \beta_j Y_{t-j} + \epsilon_{1t} \quad (3)$$

4. 분석결과

4.1 분석자료

본 연구에서는 1970년부터 2013년까지의 연도별 시계열 자료인 통계청의 산업별 GDP와 한국전력공사의 산업별 전력판매량을 활용하였다. 표 3과 같이 GDP와 전력소비량에 로그를 취한 후 사용하였으며, 산업별 GDP 중에는 서비스업의 평균이 다른 업종대비 가장 컸고, 전력소비량은 제조업의 평균이 가장 크게 나타났다.

4.2 단위근 검정

단위근 검정 수행 결과 표 4와 같이 ADF검정과 PP검정의 결과 모두에서 농업, 광업, 서비스업의 GDP 및 전력소비량은 유의수준 5%하에서 귀무가설을 기각하지 못하여 단위근이 존재하는, 즉 시계열이 안정적이지 못한 것으로 분석되었다[20].

반면 제조업의 GDP와 전력소비량은 수준변수에 단위근이 존재하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 제조업을 제외한 농업, 광업, 서비스업의 GDP 및 전력소비량은 차분된 변수를 가지고 분석에 활용하였다.

4.3 공적분 검정

단위근 검정의 결과에 따라, 단위근을 갖지 않는 제

Table 4. Result of unit root test

		ADF 검정		PP검정	
		수준변수	1차 차분변수	수준변수	1차 차분변수
ln(GDP)	농업	-1.90 (0.327)	-9.19 (0.000)	-2.31 (0.1737)	-10.10 (0.000)
	광업	-2.45 (0.135)	-5.64 (0.000)	-2.53 (0.1164)	-5.70 (0.000)
	제조업	-4.15 (0.0021)	-4.96 (0.0002)	-5.68 (0.000)	-4.92 (0.0002)
	서비스업	-3.71 (0.073)	-3.78 (0.0062)	-3.28 (0.0223)	-3.78 (0.0062)
ln (전력 소비)	농업	-2.08 (0.252)	-6.04 (0.000)	-2.34 (0.1638)	-6.02 (0.000)
	광업	-2.13 (0.236)	-5.21 (0.0001)	-1.88 (0.3363)	-5.60 (0.000)
	제조업	-5.37 (0.0001)	-3.68 (0.008)	-5.16 (0.0001)	-3.77 (0.0063)
	서비스업	-1.56 (0.4957)	-3.75 (0.0066)	-2.57 (0.1076)	-3.77 (0.0063)

※ 90% 신뢰수준에서 유의성 검증함

Table 5. Result of cointegration test

	농업		광업		서비스업	
	△전력소비량	△GDP	△전력소비량	△GDP	△전력소비량	△GDP
오차수정항	-0.138	-0.832*	-0.012	-0.226*	0.300*	0.142*
△GDP(-1)	0.420*	-0.081	0.353**	-0.014	-0.252	-0.144
△GDP(-2)	-0.201	0.441**	0.409*	-0.018	-0.991**	-0.401**
△GDP(-3)	-0.163	0.303	0.153	0.043	-0.658	-0.002
△GDP(-4)	0.269**	-0.023	-	-	-0.138	0.039
△GDP(-5)	0.245	0.367**	-	-	0.300	0.217
△전력소비량(-1)	-1.188*	0.375*	-0.083	0.013	0.329	0.224**
△전력소비량(-2)	-0.461	-0.175*	-0.449*	0.260**	0.274	0.034
△전력소비량(-3)	0.081	-0.062	-0.270	-0.125	0.368	0.016
△전력소비량(-4)	-1.129*	0.155*	-	-	0.049	-0.259*
△전력소비량(-5)	-0.141	-0.092	-	-	-0.056	-0.009
상수항	0.107	-0.033	0.056*	-0.005	0.106	0.077*

*는 95% 신뢰수준에서 유의 / **는 90% 신뢰수준에서 유의

조업을 제외하고 농업, 광업, 서비스업에 대하여 공적분 관계 여부를 분석하였다. 표 5와 같이 농업 GDP와 전력소비량 간에는 신뢰수준 95%에서 2개의 공적분 관계가 존재하며 광업 GDP와 전력소비량 및 서비스업의 GDP와 전력소비량 간에는 신뢰수준 90% 하에서 1개의 공적분 관계가 존재하였으므로 농업, 광업, 서비스업의 GDP와 전력소비량 간에는 장기적인 균형관계가 존재함을 알 수 있다[19].

4.4 인과관계 분석

각 산업별 GDP와 전력소비량을 활용, 공적분 벡터가 존재하는 것으로 검증된 농업, 광업, 서비스업에 있어서 벡터오차수정모형(VECM)을 이용한 인과관계 분석결과는 표 6과 같다. 합리적인 시차 결정은 인과성 결론에도 중요한 영향을 미치기 때문에, 본 논문은 AIC(Akaike information criterion)와 SC(Schwarz

Table 6. Result of casuality test

귀무가설	단기적 인과관계		장기적 인과관계	
	F통계량	P-value	t통계량	P-value
농·어업 전력소비 ↛ 농·어업 GDP	5.49	0.0014	-2.60	0.02
농·어업 GDP ↛ 농·어업 전력소비	4.16	0.0065	-1.57	0.13
광업 전력소비 ↛ 광업 GDP	1.43	0.25	-3.35	0.002
광업 GDP ↛ 광업 전력소비	2.96	0.04	0.14	0.89
서비스업 전력소비 ↛ 서비스업 GDP	1.61	0.19	2.24	0.03
서비스업 GDP ↛ 서비스업 전력소비	0.27	0.89	2.23	0.03

criterion) 두 기준에 맞추어 이들 값을 최소로 만들어 주는 시차를 최적시차로 판단하였다. 최적시차를 활용하여 농업, 광업, 서비스업에 대한 벡터오차수정모형(VECM)을 추정한 결과, 단기적 측면에서 농·어업의 전력소비가 농·어업의 GDP에 영향을 미치지 못한다는 귀무가설이 유의수준 5% 하에서 기각되며 반대로 농·어업의 GDP가 농·어업의 전력소비에 영향을 미치지 못한다는 귀무가설도 기각되었다. 장기적 측면에서는 농·어업의 전력소비가 농·어업의 GDP에 영향을 미치지 못한다는 귀무가설이 기각되는 것으로 나타났다. 광업의 경우 단기적, 장기적 측면의 결과가 상이하게 나타났는데 단기적 측면에서는 광업의 GDP가 광업의 전력소비에 영향을 미치지 못한다는 귀무가설을 기각하고 장기적 측면에서는 광업의 전력소비가 광업의 GDP에 영향을 미치지 못한다는 귀무가설을 기각하였다. 서비스업은 장기적 측면에서 서비스업의 전력소비가 서비스업 GDP에 영향을 미치지 못한다는 귀무가설과 서비스업의 GDP가 서비스업의 전력소비에 영향을 미치지 못한다는 귀무가설 모두가 기각되었다. 단위근이 존재하지 않은 것으로 분석된 제조업에 있어서 전력소비와 GDP간 인과관계를 표준 Granger 인과관계 검정결과, 제조업 전력소비가 제조업 GDP에 미치는 영향이 없다는 귀무가설은 기각하지 못한 반면, 제조업의 GDP가 제조업의 전력소비에 영향을 미치지 않는다는 귀무가설은 기각되었다.

5. 결론 및 시사점

과거 중앙 집중적 에너지공급 체계는 기후변화 대응을 위한 전원믹스 제약과 더불어 변화의 시기를 맞고 있다. 이러한 에너지정책 패러다임 변화를 반영하여 본 논문은 전력소비 절감정책이 GDP에 미치는 영향에 대하여 인과관계 분석을 실시하였다. 분석 결과 농·어·광업 부문에서는 전력소비가 농·어업 GDP 성장에 영향을 미친다는 성장가설을 지지하는 것으로 나타났다. 반면 제조업부문은 전력소비량을 감축해도 제조업 경기가 위축되지 않는다는 보존가설을 지지하는 것으로 나타났다. 서비스업은 전력소비와 GDP성장 간에 상호의존가설이 채택되었다.

연구결과는 농·어업, 광업은 전력소비 절감정책이 해당산업의 GDP성장에 부정적 영향을 줄 가능성이 존재하므로 정책시행에 신중한 고려가 필요함을 시사하고 있다. 반면 제조업의 경우 전기요금 합리화, 수요관리 강화 정책 등이 제조업의 생산활동을 위축시키지 않을 가능성이 있는 것으로 유추할 수 있다. 아울러 서비스업의 요금인상 및 강도 높은 수요관리는 서비스업 성장에 부정적 영향을 미칠 우려가 있음을 보여주고 있다. 다만 특성이 다양한 제조업종별 전력소비와 경제성장간의 인과관계는 각각 다를 것으로 예상되므로 세부업종별 인과관계 검증에 대한 추가연구가 필요하다.

References

〔1〕 CheolHwan Kim: Causal Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in Korea using Error Correction Model, Journal of National Korean Economy, 1, 1998.
〔2〕 Soowon Mo and Changbeum Kim: Dynamic Causal Relationships between Energy Consumption and Economic Grwoth, The Korean Journal of resource economics 12-2, 327~346, 2003.
〔3〕 Moonyoung Baek · Woohwan Kim: Investigation on Granger Causality between Economic Growth and Demand for Electricity in Korea: Using Quarterly Data, The Korean Journal of Applied Statistics, 25-1, 89-99, 2012.
〔4〕 Kraft, J., Kraft,A, Note and Comments: On the relaltionship between Energy and GNP. The Journal of Energy and Development 3: 401-403, 1978.
〔5〕 Yoo and Lee: Electricity consumption and economic growth: A cross country Analysis, Energy Policy 38, 2010.
〔6〕 Lee,C.C.,and Lee J.D.: A panel data analysis of the demand for total energy and electricity in OECD countries, Energy Journal 31, 2010.
〔7〕 Ki-Hyun Park · Jinkyung Kim: Sectorial Energy Consumption and Economic Growth in Korea, Korea Energy Economics Institute, 12-2, 2013, 59~83, 2013.
〔8〕 Huang, Hwang, and Yang: Causal relation between energ and GDP growth revisited : A dynamic panel data approach, Ecological Economics vol.67, 2007.
〔9〕 Yoo: The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the ASEAN countries, Energy Policy 34, 2006.
〔10〕 Lee: Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated panel analysis, Energy Economics 27, 2005.
〔11〕 Asafu-Adjaye: The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries, Energy Economics 22, 2000.
〔12〕 Ghosh: Electricity Consumption and Economic Growth in India, Energy Policy, 2002.
〔13〕 Soytas,U and R. Sari: Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets, Energy Economics, Vol.25, 2003.
〔14〕 Yuan et al.: Energy consumption and economic growth: evidence from china at both aggregated and disaggregated levels, Ecological Economics, Vol.30, 2007.
〔15〕 Shiu and Lam: Electricity consumption and economic growth in China,Energy Policy 32, 2004.
〔16〕 Glasure and Lee: Cointegration, error correction and relationship between GDP and energy: the case of South Korea and Singapore. Energy Economics 20, 1997.
〔17〕 Lee,C.C.,and Lee J.D.: A panel data analysis of the demand for total energy and electricity in OECD countries, Energy Journal 31, 2010.
〔18〕 JeongHwan Jo · ManYok Gang: Causal Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in Korea, The Korean Journal of resource economics 21-3, 573-593, 2012.
〔19〕 Engle R.F and C.W.J. Granger: “Cointegration and Error Correction:Representation, Estimation and Testing”, Econometrica, 1987.
〔20〕 Phillips,P.C.B: “Testing for a unit root in time series regression”, Biometrika, Vol.75, 1988.
〔21〕 Johansen, S.: “Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vectors autoregressive models”, Econometrica 59 (6) 1551 - 1580, 1991.

◇ 저자소개 ◇

박민혁 (朴民赫)
1966년 4월 6일생. 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과 박사과정.

노건기 (盧建基)
1967년 6월 6일생. 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과 박사과정.

이승은 (李承恩)
1985년 1월 10일생. 한국전력공사 경제경영연구원.