

한·중·일의 신재생에너지 소비량 결정 요인 분석에 관한 연구

전미화*, 장운정, 김윤경

Analysis of the Factor of Renewable Energy Consumption in Korea, China and Japan

Mihwa Jeon*, Woonjeong Jang, Yoonkyung Kim

Abstract

This paper analyzes the factors of renewable energy consumption in Korea, China and Japan. We consider renewable energy consumption per capita as dependent variable, GDP per capita, CO₂ emissions per capita and real oil prices as independent variables. To analyze this model, this paper uses three econometric methods such as OLS, fixed effect model and panel GLS, utilizing data from 1990 to 2006 in Korea, China and Japan. According to the results by OLS for each country, an increase in GDP per capita or CO₂ emissions per capita or oil prices leads to an increase in renewable energy consumption. According to the results by fixed effect model, an increase in GDP per capita or CO₂ emissions per capita leads to an increase in renewable energy consumption. And real oil prices do not have a significant impacts on this model. According to the results by panel GLS, an increase in real GDP per capita as a proxy of income leads to an increase renewable energy consumption. And both CO₂ emissions per capita and real oil prices do not correlated closely with renewable energy consumption. Thus oil is not substituted to renewable energy in Northeast asian countries.

Key words

Renewable energy consumption(신재생에너지 소비), GDP(국내총생산), CO₂ emissions(이산화탄소 배출량), Real oil prices(실질 유가)

(접수일 2010. 8. 9, 수정일 2010. 10. 3, 게재확정일 2010. 10. 3)

* 이화여자대학교 경제학과 석사과정

■ E-mail : bfjun@ewhain.net ■ Tel : (02)3277-2770 ■ Fax : (02)3277-4010

1. 서론

전세계는 에너지 안보와 지구 온난화 문제를 해결하기 위해 신재생에너지 개발에 주력하고 있다. IEA(2009)에 따르면, 신재생에너지 소비량이 연 3%로 에너지원 중에서 가장 빠른 속도로 증가하고 있다. 이는 신재생에너지가 에너지 안

보와 지구온난화문제를 해결하기 위한 핵심방안으로 모색되고 있음을 의미한다. 본 논문은 증가하는 신재생에너지 소비량을 결정하는 요인을 분석하는 것을 목적으로 한다. 동북아의 주요국인 일본, 한국, 중국을 대상으로 GDP, CO₂배출량, 유가를 신재생에너지 소비량 결정요인으로 설정하고, 신재생에너지 소비량 결정모형을 실증분석한다.

Chen et al(2007)과 Lee(2005)은 에너지 소비량 결정요인으로 GDP를 사용하였으며, 이 연구들에 따르면 GDP와 에너지 소비량은 양의 상관관계를 가진다. Apergis and Payne(2010)는 OECD 20개국에서 GDP와 신재생에너지 소비량 사이에 양의 상관관계를 도출하였다. 이러한 기존연구들에 근거하여 본 연구는 동북아의 3개국의 신재생에너지 소비량을 결정하는 첫 번째 요인으로 GDP를 설정하였다.

CO₂ 배출량의 증가는 지구온난화를 가속화 시키고 있다. 전 세계는 지구온난화를 방지하기 위한 대안을 마련하여 시행하고 있다. 온실가스 배출량이 적은 신재생에너지 개발은 주요대안의 하나이다. 따라서 CO₂ 배출량이 증가하면 신재생에너지 소비가 증가할 것이라고 예상할 수 있다. 동북아 3개국의 신재생에너지 소비량을 결정하는 두 번째 요인으로 CO₂ 배출량을 설정하였다.

동북아 3개국의 신재생에너지 소비량을 결정하는 세 번째 요인으로 유가를 설정하였다. 석유와 신재생에너지 대체에너지 지원이라면, 유가가 상승할 때 신재생에너지 소비량이 증가할 것이다. 일본, 중국, 한국에서 석유와 신재생에너지의 대체재관계를 살핀다.

본 논문은 다음과 같이 구성한다. 2에서는 신재생에너지 소비량 결정에 관한 선행연구를 살피고, 3에서는 분석에 사용하는 자료를 살핀다. 4에서는 모형을 실증분석하고, 5에서 결론을 맺는다.

2. 선행연구

신재생에너지 소비량이 증가함에 따라 신재생에너지 소비량 결정에 관한 여러 가지 연구가 진행되고 있다. Apergis and Payne(2010), Sadorsky(2009a, 2009b)는 에너지 소비량 결정에 관한 연구를 신재생에너지부문으로 확장하였다.

Apergis and Payne(2010)는 OECD 국가의 실질 GDP와 신재생에너지 소비량의 관계를 분석하였다. 1985년부터 2005년까지의 OECD 20개 국가의 신재생에너지 소비와 경제성장의 관계를 실증분석하였으며, 분석에 사용한 모형은 식 (1)이다.

$$Y_u = \alpha_1 + \delta t + \gamma_{11}RE_u + \gamma_{21}K_u + \gamma_{31}L_u + \varepsilon_u \quad (1)$$

Y : 실질GDP

RE : 신재생에너지 소비량

K : 총고정투자

L : 노동력

분석결과에 따르면 실질GDP와 신재생에너지 소비량, 고정자본, 노동력 사이에 장기균형이 존재한다. 신재생에너지 소비량이 1% 증가하면 실질 GDP는 0.76% 증가한다. 총고정투자가 1% 증가하면 실질 GDP는 0.7% 증가한다. 노동력이 1% 증가하면 실질 GDP는 0.24% 증가한다. OECD 20개 국가에서 실질 GDP와 신재생에너지 소비량은 양의 상관관계를 가진다.

Sadorsky(2009b)는 신흥경제국의 실질소득과 신재생에너지 소비량 사이의 관계를 연구하였다. 18개 신흥경제국의 패널자료를 이용하여 실질소득과 신재생에너지 소비의 관계를 분석하였다. 분석에 사용한 모형은 식 (2)이다.

$$RE = \beta_{0i} + \beta_{1i}Y + u_{it} \quad (2)$$

RE : 1인당 신재생에너지 소비량의 자연로그 값

Y : 1인당 실질GDP의 자연로그 값

식 (2)의 장기탄력성 추정결과에 따르면, 1인당 실질GDP가 1% 상승하면 신재생에너지 소비가 3.39%~3.45%로 증가한다. 18개의 신흥경제국에서 1인당 실질GDP와 신재생에너지 소비량은 양의 상관관계를 가진다.

Sadorsky(2009a)는 G7국가의 신재생에너지 소비량과 CO₂ 배출량, 유가의 관계를 분석하였다. 분석대상은 캐나다, 프랑스, 독일, 이탈리아, 일본, 영국, 미국이다. 1980년부터 2005년까지의 연간자료를 이용하여 신재생에너지 소비량 결정모형의 장기 탄력성을 추정하였다. 그리고 신재생에너지 소비량을 결정하는 설명변수로 1인당 실질GDP, CO₂배출량, 실질유가를 사용하였다. 분석에 사용한 모형은 식 (3)이다.

$$RE = \beta_{0i} + \beta_{1i}Y + \beta_{2i}CO_2 + \beta_{3i}ROP_t + u_{it} \quad (3)$$

RE : 1인당 신재생에너지 소비량

Y : 1인당 실질GDP

CO₂ : 1인당 CO₂배출량

ROP : 실질유가

분석결과에 따르면, 1인당 실질 GDP가 1% 증가하면 1인당

신재생에너지 소비량은 8.44% 증가한다. 1인당 CO₂배출량이 1% 증가하면 1인당 신재생에너지 소비량은 5.23% 증가한다. 유가와 1인당 신재생에너지 소비량은 유의한 관계를 갖지 않는다.

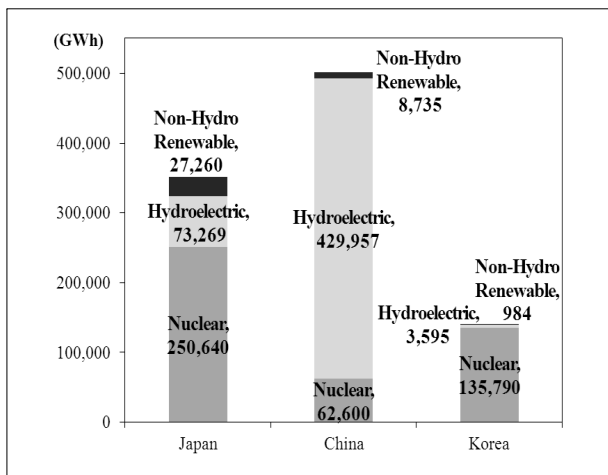
3. DATA

본 연구의 분석대상은 한국, 중국, 일본이다. 분석기간은 1990년부터 2006년까지이며, 자료는 3개국의 1인당 신재생에너지 소비, 1인당 실질GDP, 1인당 CO₂배출량, 실질유가의 연간자료이다. 신재생에너지 소비량은 수력을 제외한 지열, 태양, 풍력, 목재와 폐기물의 발전량이다.

신재생에너지 소비량과 CO₂ 배출량의 연간 자료는 U.S. Energy Information Administration의 자료를 이용한다. 실질GDP와 인구통계는 United Nations economic data base를 이용한다. 그리고 유가는 BP(2009)를 이용한다.

Fig. 1은 2007년 동북아의 전체 소비전력량을 원자력발전, 수력발전, 수력을 제외한 신재생에너지발전 등으로 분류한 그래프이다. 2007년 기준으로 일본, 중국, 한국의 전체 전력소비량은 각각 1,007,067GWh, 2,835,000GWh, 386,000GWh이다. 3개국의 수력을 제외한 신재생에너지 발전량은 각각 27,260GWh, 8,735GWh, 984GWh이다.

Table 1은 2007년 기준의 일본, 중국, 한국의 소비전력량에



자료: U.S. Energy Information Administration

Fig. 1 2007년 동북아 3개국의 발전원별 소비전력량

대한 발전원별 구성비이다. 수력을 제외한 신재생에너지발전 비중은 일본, 중국, 한국이 각각 2.71%, 0.31%, 0.25%이다. 수력발전 비중은 일본, 중국, 한국이 각각 7.28%, 15.17%, 0.93%이다. 원자력발전 비중은 일본, 중국, 한국이 각각 24.89%, 2.21%, 35.16%이다.

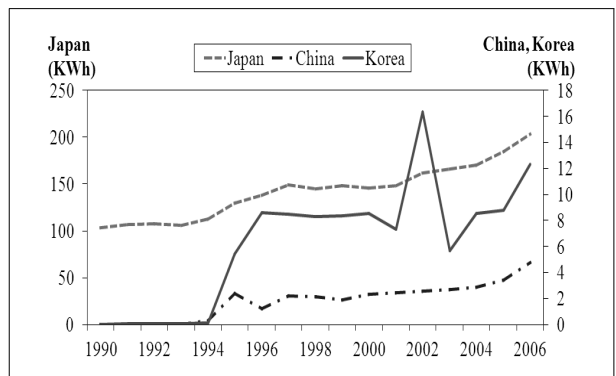
Fig. 2는 동북아 3개국의 1인당 신재생에너지 소비량을 나타낸 그래프이다. 일본은 1980년대에 신재생에너지 소비를 시작하였고, 한국과 중국은 1990년대에 시작하였다. 신재생에너지 소비 시작 시점이 상이하므로 국가간 신재생에너지 소비량은 15배 이상 차이가 있다. 3개국의 신재생에너지 소비 패턴을 효과적으로 살펴보기 위해 일본을 주축에 표시하고, 중국과 한국을 보조축에 표시하였다.

2006년 기준으로 일본의 1인당 신재생에너지소비량은 202.92 kWh이며, 중국의 4.75kWh보다 42.7배, 한국의 12.3kWh보다 16.5배 많다. 1인당 신재생에너지 소비량은 3개국 모두 1990년 이후부터 증가추세이다. 2000년에 일본, 중국, 한국의 1인당 신재생에너지소비량은 각각 145.75kWh, 2.34kWh, 8.55kWh였다. 2006년의 1인당 신재생에너지소비량은 각각 202.92kWh, 4.75kWh, 12.29kWh였다. 2000년과 2006년

Table 1. 2007년 동북아 3개국의 소비전력 발전원 비중

	일본	중국	한국
신재생에너지(수력제외)	2.71%	0.31%	0.25%
수력	7.28%	15.17%	0.93%
원자력	24.89%	2.21%	35.16%
기타	65.13%	82.32%	63.65%

자료: U.S. Energy Information Administration



자료: U.S. Energy Information Administration, United Nations economic data base website

Fig. 2 동북아 3개국의 1인당 신재생에너지 소비

을 비교하면 증가율은 일본이 39.22%, 중국이 103%, 한국이 43.86%이다.

한국의 1인당 신재생에너지 소비량은 2001년의 7.34kWh에서 2002년의 16.34kWh로 122.46% 상승하였다. 2003년에는 5.66kWh로 다시 하락하였다. 그리고 2003년 이후에 지속적으로 상승하는 추세이다. 한국은 2002년 2월에 「대체에너지개발 및 이용, 보급 촉진법」을 개정하고, 초기시장 창출을 위하여 대체에너지사용을 의무화하였다. 이와 같은 정책시행으로 인해 2002년에 신재생에너지 소비량이 급증하였다.

Table 2는 동북아 3개국의 신재생에너지 소비량의 연평균 증가율을 나타낸 표이다. 1991년부터 2006년의 자료를 5개년, 10개년, 15개년의 세 구간으로 구분하여 연평균 증가율을 구하였다. 일본의 신재생에너지 소비량의 연평균 증가율은 세 구간 모두에서 중국과 한국보다 낮다. 일본은 1980년에 「석유 대체에너지의 개발 및 도입 촉진에 관한 법률」을 제정하였다. 그 후로도 「신에너지 이용 등의 촉진에 관한 특별조치법」 등의 신재생에너지 정책을 실시하였다. 일본의 신재생에너지 보급 시기가 중국과 한국에 비해 빠르기 때문에 1990년 이후의 신재생에너지 소비량의 증가율이 낮은 것으로 생각된다.

Fig. 3은 동북아 3개국의 1인당 CO₂ 배출량을 나타낸 그래

프이다. 중국의 1인당 CO₂ 배출량은 1990년의 2.00 CO₂-ton에서 2006년의 4.58 CO₂-ton으로 129% 증가하였다. 일본의 1인당 CO₂배출량은 1990년의 8.53 CO₂-ton에서 2006년의 9.78 CO₂-ton으로 15% 증가하였다. 한국은 1990년의 5.68 CO₂-ton에서 2006년에 10.53 CO₂-ton으로 86% 증가하였다. 한국의 1인당 CO₂배출량은 1999년에 일본의 수준보다 높아졌고, 2001년 이후 비슷한 수준이 유지되고 있다.

Fig. 4는 1990년부터 2006년까지 동북아 3개국의 실질 GDP를 나타낸 그래프이다. 3개국의 실질GDP는 지속적으로 증가하고 있다.

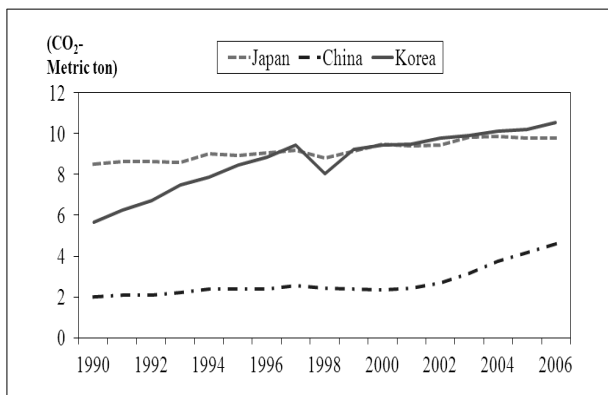
Table 3은 동북아 3개국의 1인당 실질GDP의 연평균 성장율을 나타낸 표이다. 1991년부터 2006년의 자료를 5개년, 10개년, 15개년의 세 구간으로 구분하여 연평균 성장율을 구하였다. 1991년부터 2006년까지 중국의 1인당 실질GDP는 연평균 9.35%씩 증가했다. 1991년부터 2006년까지 일본의 1인당 실질GDP는 연평균 0.99%씩 증가했다. 1991년부터 2006년까지 한국의 1인당 실질GDP는 연평균 4.67%씩 증가했다.

실질유가는 WTI 원유의 현물가격을 미국의 소비자물가지수로 디플레이트(deflate)하여 도출한다. 실질유가로 Brent 유가를 이용할 수도 있지만, Sadorsky(2009a)에 따르면 WTI

Table 2. 동북아 3개국의 신재생에너지 소비량의 연평균 증가율

	일본	중국	한국
1991~2006	4.73%	147.44%	260.06%
1996~2006	4.13%	18.01%	14.29%
2001~2006	6.61%	15.76%	30.77%

자료: U.S. Energy Information Administration



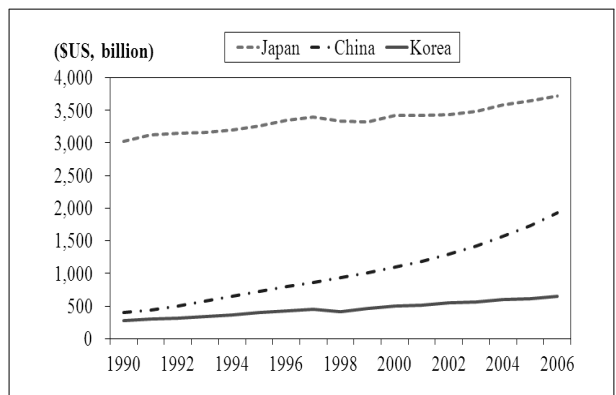
자료: U.S. Energy Information Administration

Fig. 3 동북아 3개국의 1인당 CO₂배출량

Table 3. 동북아 3개국의 1인당 실질GDP 연평균 성장률

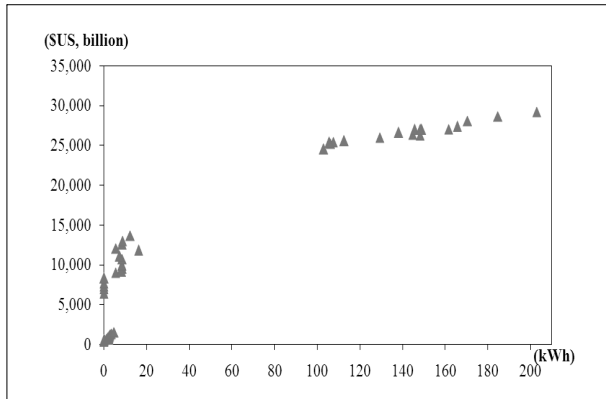
	일본	중국	한국
1991~2006	0.99%	9.35%	4.67%
1996~2006	0.95%	8.42%	3.73%
2001~2006	1.59%	9.49%	4.27%

자료: United Nations economic data base



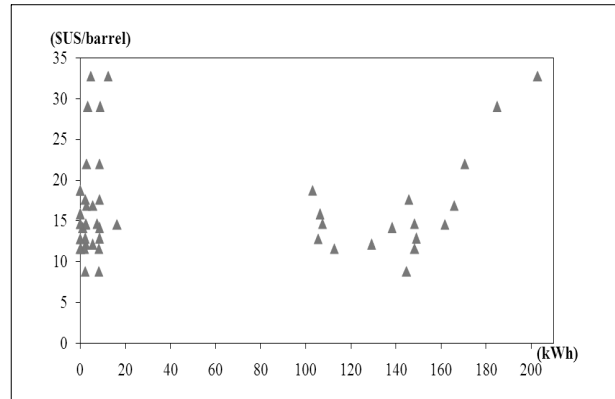
자료: United Nations economic data base

Fig. 4 동북아 3개국의 실질GDP



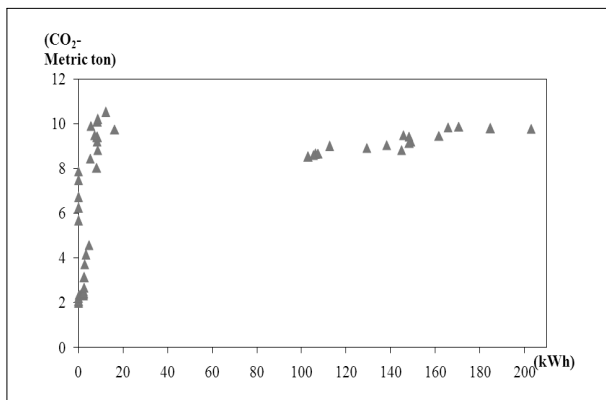
자료: U.S. Energy Information Administration, United Nations economic data base website, United Nations economic data base

Fig. 5 동북아 3개국의 신재생에너지 소비량과 1인당 GDP



자료: U.S. Energy Information Administration, United Nations economic data base, BP(2009)

Fig. 7 동북아 3개국의 신재생에너지 소비량과 실질유가



자료: U.S. Energy Information Administration, United Nations economic data base website

Fig. 6 동북아 3개국의 신재생에너지 소비량과 1인당 CO₂배출량

유가와 Brent 유가의 상관계수가 0.998로 차이가 적으므로 두 변수는 무차별하다. 실질유가는 1990년의 18.75 US\$/barrel에서 1998년의 8.83 US\$/barrel로 53% 하락하였다. 1990년부터 1998년까지 하락추세이며, 1998년 이후 증가추세로 바뀐다. 2006년의 실질유가는 32.75 US\$/barrel이며, 1998년에 비해서 271% 상승하였다.

Fig. 5는 동북아 3개국의 신재생에너지 소비량과 1인당 GDP의 분산형 그래프이다. 자료가 양극으로 나뉘어 나타나므로 선형관계를 확인하기 어렵다.

Fig. 6은 동북아 3개국의 신재생에너지 소비량과 1인당 CO₂배출량의 분산형 그래프이다. 자료가 양극으로 나뉘어져 나타나고, 3분의 2이상의 자료가 X축의 왼쪽에 수직으로 분포되어 있어 선형관계를 확인하기 어렵다. Fig. 7은 동북아

3개국의 신재생에너지 소비량과 실질유가의 분산형 그래프이다. 점들이 수직으로도 산발적으로 분포되어 있다.

Fig. 5~7으로부터 신재생에너지소비를 유의적으로 결정하는 요인들을 식별하기는 어렵다. 일반적으로는 두 변수 사이에 선형의 관계가 그려지는 분산형 그래프를 갖는 경우에 일정한 상관관계를 갖는다고 기대하게 되지만, 일본, 중국, 한국의 3개국의 자료를 통합하여 표시한 그래프로부터는 이러한 기대를 할 수 없다.

4. 실증분석

본 연구는 실증분석모형으로 식 (4), 식 (7)을 설정한다. 분석방법으로는 OLS분석, 고정효과확률효과모형분석, 패널GLS 분석을 사용한다.

$$RE_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

RE : 1인당 신재생에너지 소비의 자연로그 값

X : 1인당 실질 GDP의 자연로그 값, 1인당 CO₂ 배출량의 자연로그 값, 실질유가의 자연로그 값 중의 한 가지

t : 시간(1990년~2006년)

식 (4)에서 RE는 종속변수로서 신재생에너지 소비를 나타낸다. 신재생에너지 소비의 설명변수로 국민소득(Y) 또는 CO₂ 배출량(CO₂) 또는 실질유가(ROP)를 사용한다.

Table 4는 OLS분석의 추정결과이다. 추정결과에 따르면 일본의 경우에 1인당 GDP와 신재생에너지 소비량은 유의한 양의 상관관계를 가진다. 일본의 소득수준이 높아지면 신재생에너지 소비량이 증가한다. 1인당 CO₂배출량과 신재생에너지 소비량도 유의한 양의 상관관계를 가진다. 유가와 1인당 신재생에너지 소비량도 유의한 양의 상관관계를 가진다. 유가가 상승하면 석유의 대체재로 고려하는 신재생에너지의 소비가 증가한다. 따라서 일본에서 석유와 신재생에너지의 대체재 관계가 성립한다.

중국의 경우에 1인당 GDP와 신재생에너지 소비량은 유의한 양의 상관관계를 가진다. 중국의 소득수준이 높아지면 신재생에너지 소비량이 증가한다. 1인당 CO₂ 배출량과 신재생에너지 소비량도 유의한 양의 상관관계를 가진다. 유가는 신재생에너지 소비량과 유의한 관계를 갖지 않는다.

한국의 경우에 1인당 GDP와 신재생에너지 소비량은 유의한 양의 상관관계를 가진다. 한국의 국민소득이 증가하면 신재생에너지 소비량이 증가한다. 1인당 CO₂배출량과 1인당 신재생에너지 소비량도 유의한 양의 상관관계를 가진다. 유가는 신재생에너지 소비량과 유의한 관계를 갖지 않는다.

본 연구는 17년간의 기간을 대상으로 하지만 연간데이터를

사용하므로 각 국의 자료수는 작다. 자료수가 작다는 단점을 보완하기 위해 3개국의 자료를 패널자료로 구성하여 회귀분석을 실시할 수 있다.

이처럼 국가별 자료를 합하여 분석할 수 있는 것을 확인하기 위해서 고정효과모형과 확률효과모형으로 분석을 실시한다. 고정효과모형은 각 국가의 특수한 사항을 고정시키는 방법이며, 확률효과모형은 각 국가의 특수한 사항을 하나의 확률변수로 모형화하여 국가의 특수한 사항을 모형에 반영시킨 것이다. 두 가지 분석방법 중에서 동북아의 신재생에너지 소비 분석에 적합한 모형을 선택하기 위하여 Hausman Test를 실시하였다.

식 (5)는 Hausman 통계량이다. 그리고 식 (6)는 Hausman Test에서 사용하는 가설이다.

$$H = \frac{(\beta_{FE} - \beta_{RE})' [var(\beta_{FE}) - var(\beta_{RE})]^{-1} (\beta_{FE} - \beta_{RE})}{(\beta_{FE} - \beta_{RE})} \quad (5)$$

$$H_0: plim(\beta_{FE} - \beta_{RE}) = 0 \quad (6)$$

$$H_1: plim(\beta_{FE} - \beta_{RE}) \neq 0$$

β_{FE} 는 고정효과모형을 이용하여 추정된 계수 이고, β_{RE} 는 확률효과모형을 이용하여 추정된 계수이다. 식 (6)의 귀무가설에 의하면 고정효과 모형의 추정치와 확률효과모형의 추정치의 차의 극한값이 0 이므로, 고정효과모형과 확률효과모형의 추정량이 모두 일치추정량을 갖는다. 식 (6)의 대립가설에 의하면 고정효과모형의 추정치와 확률효과모형의 추정치에 차이가 존재하므로, 확률효과모형 추정량이 일치추정량이 되지 못하고, 추정 결과에 체계적 차이가 존재한다. 따라서 귀무가설을 기각하지 않으면 확률효과모형이 효율적이고, 귀무가설을 기각하면 고정효과모형이 효율적이다.

Table 5는 Hausman Test를 실시한 결과이다. 검정결과에 따르면 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각하므로, 동북아의 신재생에너지 소비와 GDP, CO₂배출량, 유가의 관계를 설명하기 위해서는 고정효과모형을 이용하는 것이 적합하다.

고정효과모형의 추정결과에 따르면 1인당 GDP와 신재생에너지 소비량은 유의한 양의 상관관계를 가진다. 1인당 CO₂ 배출량과 신재생에너지 소비량도 유의한 양의 상관관계 가진다. GDP 및 CO₂ 배출량이 신재생에너지 소비량과 유의한 양의 상관관계를 가지는 결과는 Sadorsky(2009a)의 결과와 일치한다.

Table 4. 국가별 OLS 추정결과

		상수항	1인당 GDP	1인당 CO ₂	실질유가
일본	1인당 GDP	-29,585*** (-9.75)	4,280*** (14.37)		
	1인당 CO ₂	5,616*** (5.785)		3,789*** (8.76)	
	실질 유가	13,135*** (34.39)			0,321*** (34.39)
중국	1인당 GDP	-23,625*** (-5.01)	4,868*** (6.85)		
	1인당 CO ₂	2,625 (1.34)		6,176*** (3.12)	
	실질 유가	6,113 (1.19)			0,895 (0.48)
한국	1인당 GDP	-99,664*** (-5.39)	11,882*** (5.90)		
	1인당 CO ₂	-25,379*** (-6.11)		16,213*** (8.40)	
	실질 유가	8,197 (1.18)			0,438 (0.17)

주: *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1%의 유의수준에서 귀무가설을 기각함.
: ()는 t-통계값임.

Table 5. Hausman Test

	고정효과모형	확률효과모형
상수항	-35.851*** (12.153)	-17.297*** (6.463)
1인당 GDP	3.505* (1.913)	2.792*** (1.049)
1인당 CO ₂	9.042*** (3.175)	-3.562 (2.690)
실질유가	-3.298*** (0.874)	0.341 (1.337)
Hausman Test	chi ² = 31.42***	

주: *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1%의 유의수준에서 귀무가설을 기각함.
: ()는 t-통계값임.

그러나 유가와 신재생에너지 소비량은 유의한 음의 상관관계를 가진다. 이는 Sadorsky(2009a)의 결과와 불일치한다. 이와 같은 추정결과는 고정효과모형의 동분산 가정이 충족되지 않아서 발생하는 오류일 수 있다. 고정효과모형은 패널자료의 동분산을 가정하므로 패널자료를 구성하는 국가의 분산이 상이하다면 분석결과에 오류가 발생할 수 있다.

패널자료의 동분산 여부를 검정하기 위해 Wald 검정을 실시하였다. Wald 검정의 귀무가설은 패널자료에 동분산이 존재하는 것이다. 검정결과에 따르면 p값이 0.000이므로 귀무가설이 기각된다. 패널자료에 이분산이 존재하므로 동북아의 신재생에너지 소비 결정요인을 분석하기 위해 고정효과모형을 이용하는 것이 부적절하다. 따라서 패널자료의 이분산성을 고려한 패널GLS분석을 적용한다.

패널GLS분석에 사용하는 모형은 식 (7)과 같다. 이는 Sadorsky (2009a)의 장기탄력성 추정모형 식 (3)과 동일하다.

$$RE = \beta_{0i} + \beta_{1i}Y + \beta_{2i}CO_2 + \beta_{3i}ROP_t + u_{it} \quad (7)$$

- RE : 1인당 신재생에너지 소비의 자연로그 값
- Y : 1인당 실질 GDP의 자연로그 값
- CO₂ : 1인당 CO₂ 배출량의 자연로그 값
- ROP : 실질유가의 자연로그 값
- i : 국가(일본, 중국, 한국)
- t : 시간(1990년~2006년)

Table 6은 패널GLS분석의 추정결과이다. 패널GLS분석은 패널자료를 이용한 회귀분석에 사용되는 방법으로 Pooled OLS에서 발생하는 이분산성 및 자기상관관계에서 기인하는

Table 6. PanelGLS 추정결과

변수	패널GLS
상수항	-12.660*** (2.363)
1인당 GDP	2.278*** (0.504)
1인당 CO ₂	-2.621* (1.345)
실질유가	0.001 (0.398)
Likelihood-ratio Test	chi ² = 116.68***
Wooldridge Test	F = 25.594**

주: *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1%의 유의수준에서 귀무가설을 기각함.
: ()는 Z-통계값임.

계수 추정의 문제점을 보완한 방법이다.

패널GLS분석의 적절성을 확인하기 위해 Likelihood Test와 Wooldridge Test를 실시하였다. 결과는 Table 5의 하단과 같다. Likelihood Test의 귀무가설은 동분산을 가지는 것이다. 검정결과 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각하므로 자료에 이분산이 존재한다.

그리고 Wooldridge Test의 귀무가설은 1계 자기상관이 존재하는 것이다. 검정 결과에 따르면 5% 유의수준에서 귀무가설을 기각하므로 자료에 자기상관이 존재한다.

패널GLS분석의 추정결과에 따르면 1인당 GDP는 신재생에너지 소비량과 유의한 양의 상관관계를 가진다. Apergis and Payne(2010)에 따르면 OECD국가에서 GDP와 신재생에너지 소비량 사이에 양의 상관관계가 성립하였다. 이는 동북아의 세 국가에서도 동일하다.

그러나 1인당 CO₂배출량의 추정계수는 음의 부호를, 실질유가의 추정계수는 양의 부호를 가졌다. 1인당 CO₂배출량의 추정계수는 10% 유의수준에서 유의하며, 실질유가의 추정계수는 10%, 5%, 1%의 유의수준에서 유의하지 않다.

동북아 3개국에서 1인당 CO₂ 배출량이 증가하면 신재생에너지 소비량은 감소하는 것으로 나타난다. 이는 일반적으로 각국이 CO₂ 배출량을 저감시키기 위해서 신재생에너지의 도입을 추진하는 것과는 반대의 결과이다. 이러한 결과가 도출된 것에 대한 원인으로 1인당 자료를 사용한 것, 자료의 기간이 짧은 것, 일본을 제외한 한국과 중국에서 아직까지 신재생에너지의 보급 정도가 낮은 것을 언급할 수 있다. 자료의 기간이 보다 더 축적되고 신재생에너지의 보급 정도가 높아진

시점을 대상으로 한 분석이 필요할 것이다.

실질유가의 추정계수가 유의하지 않으므로 동북아 3개국에서 실질유가의 변동은 신재생에너지 소비에 영향을 미치지 않는다고 할 수 있다. 분석기간에 한정해서 보면 동북아에서 유가가 상승하더라도 신재생에너지 소비가 증가하지 않으므로, 석유와 신재생에너지의 대체재관계가 성립하지 않는다. 그러나 이러한 분석 결과도 일반적인 견해와는 괴리를 갖는다. 이에 대해서도 1인당 CO₂배출량에서의 원인이 동일하게 적용된다.

5. 결론

OLS분석을 사용하여 일본, 중국, 한국의 신재생에너지 소비량 결정요인을 분석한 결과에 따르면 1인당 GDP와 신재생에너지 소비량은 유의한 양의 상관관계를 가진다. 1인당 CO₂배출량과 신재생에너지 소비량도 유의한 양의 상관관계를 가진다. 유가와 신재생에너지 소비량은 양의 상관관계를 가지지만, 일본의 경우에만 유의하였다.

패널GLS분석 결과에 따르면 동북아 3개국의 1인당 GDP가 증가하면 신재생에너지 소비량이 증가하였다. 그러나 1인당 CO₂배출량의 추정계수는 음의 부호를, 실질유가의 추정계수는 양의 부호를 가졌다. 1인당 CO₂배출량의 추정계수가 음의 부호를 갖는 것은 CO₂배출량의 증가하더라도 온난화가스 배출량이 적은 신재생에너지로의 에너지대체가 이루어지지 않는 것을 의미한다. 이는 일반적으로 각국이 CO₂배출량을 저감시키기 위해서 신재생에너지의 도입을 추진하는 것과는 반대의 결과이다.

실질유가의 추정계수는 유의하지 않으며, 분석대상의 기간에 한정해서 동북아에서 유가가 상승하더라도 신재생에너지 소비가 증가하지 않으므로, 석유와 신재생에너지의 대체재관계가 성립하지 않는다. 그러나 이러한 분석결과도 일반적인 견해와는 괴리를 갖는다.

이러한 결과가 도출된 것에 대한 원인으로 1인당 자료를 사용한 것, 자료의 기간이 짧은 것, 일본을 제외한 한국과 중국에서 아직까지 신재생에너지의 보급 정도가 낮은 것을 언급할 수 있다. 자료의 기간이 보다 더 축적되고 신재생에너지의 보급 정도가 높아진 시점을 대상으로 한 분석이 필요할 것이다.

후 기

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 2009T100100600)

References

- [1] 에너지경제연구원, 2004, 신재생에너지 보급촉진을 위한 특별법 제정연구(대체에너지 개발 및 이용·보급촉진법 개정을 포함한 법제도개선을 중심으로), 산업자원부.
- [2] Apergis N., Payne J. E., 2010, "Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries", *Energy Policy*, 38, pp. 656-660.
- [3] BP, 2009, BP Statistical Review of World Energy 2009. (<http://www.BP.com>)
- [4] Chen S., Kuo H., Chen C., 2007, "The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian countries", *Energy Policy*, 35, pp. 2611-2621.
- [5] Lee C.C., 2005, "Energy consumption and GDP in developing countries: a cointegrated panel analysis", *Energy economics*, 27, pp. 415-427.
- [6] Pedroni P., 2001, "Purchasing power parity tests in cointegrated panels", *The Review of economics and statistics*, 83(4), pp. 727-731.
- [7] Pedroni P., 2000, "Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels", *Advances in Econometrics*, 15, pp. 93-130.
- [8] REN21, 2009, REN21 Renewables Global Status Report 2009. (<http://www.ren21.net>)
- [9] Sadorsky P., 2009a, "Renewable energy consumption, CO₂ emissions and oil prices in the G7 countries", *Energy Economics*, 31, pp. 456-462.
- [10] Sadorsky P., 2009b, "Renewable energy consumption and income in emerging economies", *Energy Policy*, 37, pp. 4021-4028.
- [11] United Nations economic data base. (<http://unstats.un.org/unsd/snaama/Introduction.asp>)
- [12] U. S. Energy Information Administration. (<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/contents.html>)

전 미 화



2005년 계명대학교 경제학과 학사

현재 이화여자대학교 경제학과 석사과정
(E-mail : bfjun@ewhin.net)

장 운 정



2008년 이화여자대학교 행정학과 학사

현재 이화여자대학교 경제학과 석사과정
(E-mail : thecrab@ewhain.net)

김 윤 경



1992년 이화여자대학교 경제학과 학사
1996년 이화여자대학교 대학원 경제학전공 석사
2001년 慶應義塾大学 經濟學研究科 경제학박사

현재 이화여자대학교 경제학전공 부교수
(E-mail : yoonkim@ewha.ac.kr)