

도시 경제 발전이 환경에 미치는 영향에 관한 실증 연구: 세계 95개 도시를 중심으로*

Empirical study on the impact of urban economic growth on the quality of environment : with a focus on 95 cities in the world

윤지연** · 송재민***
Yoon, Jiyeon · Song, Jaemin

Abstract

Cities are the engines for the economic growth, exploiting opportunities created by agglomeration economies. However, the high concentration of population and economic activities in a city has also caused deteriorated the quality of environment. Many researchers have attempted to investigate the relationship between the economic growth and the quality of environment. However, the results have been inconsistent. Against this backdrop, the study aims to examine the relationship between the economic growth and the quality of environment in a city through an empirical assessment of 96 major cities in the world. The I-PAT (Influence, Population, Affluence, Technology) model has been used as an analytical framework. The impact of urban economic growth on the quality of environment in four areas, namely greenhouse gas emissions, water usage, waste generation and air quality, have been evaluated. The results confirmed that greenhouse gas emissions, water usage and waste generation tend to increase as economy develops while air pollutants tend to be controlled over a certain level of the economic development. Furthermore, the impact of the economic development on the environmental quality is found to be heterogeneous by continent.

키 워 드 · 도시, 환경, 경제, 환경쿠즈네츠 곡선, I-PAT모델, 회복탄력성
Keywords · City, Environment, Economy, Environmental Kuznets Curve, I-PAT model, Resilience

I. 서 론

I. 연구의 배경 및 목적

경제 발전과 환경 보전의 양립은 오랜 기간 국제사회의 주요한 정책 목표 및 연구 주제가 되어 왔다. 특히 최근 개발도상국을 중심으로 빠르게 진

행되고 있는 도시화 및 경제 성장으로 인해 도시의 경제발전이 환경에 미치는 영향에 대한 관심은 더욱 증대되고 있다. 현재 전 세계 도시에 거주하는 인구는 전 세계 인구의 50% 수준을 넘었으며, 향후 도시인구는 2011년 약 36억 명 수준에서 2050년에는 62억 명을 넘어 도시화율은 약 70%에 이를 것으로 예측되고 있다(UN-Habitat, 2011).

* 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 임(NRF-2015R1C1A1A02036555).

** University of Seoul (First author: yoonjy231@uos.ac.kr)

*** University of Seoul (Corresponding author: jmsong@uos.ac.kr)

이와 같이 급속하게 진행되는 도시화는 에너지, 폐기물, 공기, 교통 문제에 이르기까지 다양한 환경 문제를 야기한다. 도시는 생산과 소비활동의 중심 공간이며 자원 및 에너지 사용과 이로 인한 온실가스 배출의 주요 장소로 비도시 지역보다 화석연료와 에너지 사용이 집중되어 있다. 특히, 도시에서 소비되는 에너지의 양은 전 세계의 75% 수준이며, 도시는 전 세계 온실가스의 약 80%를 배출하고 있어 기후변화의 원인인 온실가스의 대표적 배출원으로 지목받고 있다(Dodman, 2009).

한편, 이와는 상반되게 도시화 및 경제 성장이 환경 보존 및 관리에 미치는 긍정적 효과에 관한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 도시화 및 경제 성장은 집적 효과로 인한 자원의 효율적 이용, 환경 부담을 줄이는 산업 구조로의 변화, 기술발전 등의 긍정적 효과를 창출하여 궁극적으로 자원과 에너지 이용의 효율성이 증진되고 이는 온실가스 배출 감소로 이어질 수 있다는 것이다. 특히, 이와 관련된 이론적 연구로 환경쿠즈네츠 곡선(Environmental Kuznet Curve) 가설이 대표적이다. 환경쿠즈네츠 곡선 가설은 경제가 발전함에 따라, 경제 성장 초기 단계에서는 환경에 대한 부정적 영향이 증가하다가 일정한 경제 수준에 이르면 오히려 환경 수준이 개선된다는 경제 성장과 환경 오염간의 역 U자형 관계를 주장하고 있다.

하지만 본 이론에 기반하여 이루어진 경제 성장이 환경에 미치는 영향에 대한 다양한 실증 연구들의 결과는 상이하다. 경제발전이 환경 오염을 개선시킨다는 주장(Grossman and Krueger, 1994; 이광수·이민원, 1996; 최충익·김지현, 2006; 이효진·강명구, 2013)과 역U자형이 아닌 다른 형태의 그래프가 나타나거나 오히려 증가하는 모습을 보인다는 다양한 주장(Mor and Jindal, 2012; 김정인·오경희, 2005; 김지욱, 2010; 강상목·조단, 2013)이 있다.

이와 같은 배경에서 본 연구는 세계 4대륙 95개

도시를 대상으로 경제 수준이 이산화탄소, 폐기물 발생량, 물 사용량 및 대기 오염 물질 농도 등 환경의 질에 미치는 영향을 실증 분석하는 것을 목표로 한다. 본 연구는 지속가능하며 회복탄력적인 경제 발전 및 환경 보존에 있어 도시의 역할이 중요함에도 불구하고, 기존의 국제 비교 실증 연구들이 대부분 국가 차원에서 이루어져왔다는 한계점을 극복하고 대륙간의 영향 차이를 실증 분석하였다는 점에서 차별성을 가진다. 이와 같은 연구의 결과는 현재 급속한 도시화 및 경제 성장이 이루어지고 있는 개도국의 지속가능하며 회복탄력적인 도시 개발 및 정책 방향에 시사점을 제공할 것으로 기대된다.

II. 선행연구

1. 경제와 환경의 관계에 관한 이론 연구

1) 환경 쿠즈네츠 곡선 이론

경제와 환경에 관한 이론 중 국내외로 연구가 활발한 가설 중 하나가 '환경 쿠즈네츠 곡선'이다. 이 이론은 노벨 경제학상을 수상한 쿠즈네츠가 1971년에 발표한 소득 불평등에 관한 경제학적 이론을 바탕으로 하였다. 이는 초기 경제성장단계에서 소득격차가 심해지나, 일정 경제 성장 이상에서는 그 격차가 줄어든다는 것이다. 이와 유사하게, 환경 쿠즈네츠 곡선 가설은 그림1과 같이 경제 성장과 환경오염의 관계가 역U자형 그래프로 설명되어진다는 이론적 가설이다(Dasgupta et al, 2002; De Bruyn et al., 1997; Hettige et al, 2000). 즉, 경제 성장 초기에는 경제발전에 따른 환경오염이 가중되거나 경제성장이 어느 수준에 이르게 되면 점차적으로 오염된 환경에 대한 개선의지를 가지게 되고, 국가적 차원에서 환경문제 해결에 적극적인 투자를 하게 되어 결과적으로 환경부하가 점차 줄어들게 된다는 것이다. 이 이론은 Grossman and Krueger

(1995)이 세계은행에서 주장한 ‘환경전환점’의 개념을 실증 분석하여 처음으로 증명되었다. 이후 다양한 연구자에 의한 실증분석이 이루어져왔으며, 그 결과는 국가 상황이나 국민의 환경인식 수준, 다양한 환경정책 등 여러 가지 변화요인에 따라 상이한 결과가 도출되었다. 본 연구에서는 이와 같은 환경 쿠즈네츠 가설을 바탕으로 세계 주요 도시를 대상으로 경제 성장과 환경과의 관계를 고찰해보고자 한다.

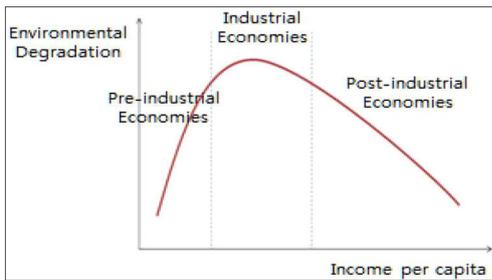


그림 1. 환경 쿠즈네츠 곡선
Fig. 1. Environmental Kuznets Curve

2) I-PAT 모형

도시의 경제발전 수준이 환경에 미치는 영향을 분석하기 위한 실증 모델로서 현재까지 국내외에서 가장 널리 사용되고 있는 환경영향 방정식 중 대표적인 모델은 I-PAT모형이다. I-PAT모형은 오랜 기간 환경오염에 관한 다양한 분석에 이용되었으며 본 연구의 실증분석에 가장 적합한 모델이라고 할 수 있다.

이 모형은 Ehrlich and Holdren이 1971년 $I = P \cdot F$ 공식을 발표하며 인구(P)가 환경(I)에 미치는 주요 요인임을 밝히는데 이어, 1972년에 이를 발전시켜 확장모형으로 식(1)과 같은 I-PAT 모델을 제안하였다.

$$I = P \cdot A \cdot T \dots\dots\dots(1)$$

I = 환경영향 (Impact),
 P = 인구(Population),

A = 소득 (Affluence),
 T = 기술 (Technology)

이는 환경에 영향을 미치는 주요한 요인이 인구 요소, 소득요소 및 기술요소임을 의미한다. 이후 본 모델을 활용한 다양한 방정식 모형이 제안되었다. Schulze(2002)와 Waggoner and Ausubel (2002)는 I-PAT 모델 기본 식에 각각 행동을 나타내는 B(Behavior)와 단위 GDP당 소비를 나타내는 C(Consumption per unit of GDP)의 요소를 추가한 I-PBAT와 I-PACT 방정식을 만들었다.

하지만 이와 같은 I-PAT 모델은 다른 변수는 모두 고정되어 있다는 가정 하에 환경영향과 각 변수간의 비례관계를 보여준다. 하지만 실제 변수들 간에도 서로 영향을 미치기 때문에 각각의 변수들을 분해하여 분석할 수 있는 모형이 요구되었다. 이에 Dietz and Rosa(1997)는 IPAT 모형에 오차항을 추가하여 확률모형으로 발전시킨 식(2)와 같은 STIRPAT 모형을 제안하였다.

$$I_i = a \cdot P_i^b \cdot A_i^c \cdot T_i^d \cdot e_i \dots\dots\dots(2)$$

I_i = 국가*i*의 환경영향(Impact),
 P_i = 국가*i*의 인구(Population),
 A_i = 국가*i*의 소득(Affluence),
 T_i = 국가*i*의 기술(Technology)
 e_i = 오차항

이와 같은 STIRPAT 모형은 인구, 소득 및 기술 요소가 환경오염에 미치는 영향을 실증 분석하는데 활발히 사용되어져 왔으며 본 연구에서도 주요 분석 모델로서 이용되었다.

2. 경제와 환경의 관계에 관한 실증 연구

환경과 경제의 관계에 관한 실증 연구들은 다양한 지역의 도시 및 국가를 대상으로 이루어져 왔

다. 경제 성장을 나타내는 지표로는 주로 1인당 GDP가 사용되었으며, 경제 성장이 영향을 미치는 환경 분야에 대해서는 수질 및 수자원부터 대기 질, 이산화탄소 배출, 에너지 사용 등 그 분야가 다양하다. 최근에는 기후변화가 심각한 환경문제로 대두되면서 경제 성장이 이산화탄소 배출량에 미치는 영향에 관한 연구가 가장 활발하다.

이광수·이민원(1996)은 우리나라 광역 행정구역(서울, 부산, 대구, 광주)의 4개 도시를 대상으로 1985년부터 1992년간의 경제 성장과 대기 질 및 수질과 관련된 환경 오염간의 관계를 실증 분석하였다. 연구 결과, 대기 오염원인 SO₂, NO₂ 및 O₃와 수질 오염원인 COD, SS (Suspended Solids)의 경우 경제 성장과 환경과의 U자 관계가 존재함을 보이나, 대기 오염원 CO 및 TST와 수질 오염원 BO 및 BOD의 경우에는 역U자 관계가 있음을 보여주었다. 한편, SO₂의 경우 오히려 경제와 음(-)의 관계를 가지고 있음을 확인하여, 경제 성장의 영향이 환경 부문별로 상이할 수 있음을 시사하였다. 김정인·오경희(2005) 또한 국내 6개 도시를 대상으로 1987년부터 2002년까지 경제 성장이 대기 오염에 미치는 영향을 검증하였다. 그 결과 SO₂, NO₂ 및 O₃에 대하여 환경쿠즈네츠 곡선의 존재를 확인하였으며 또한 경제 성장을 나타내는 GDP의 3차 항의 계수가 유의하게 나타나 N자 형태의 관계가 존재함을 보이고 있다. 박추환(2013)은 패널분석을 이용해 우리나라의 6대 권역별 대기오염에 대한 환경규제와 경제성장간의 상호관계를 분석하여 쿠즈네츠 가설이 대부분의 권역에서 확인됨을 보였다. 이와 같은 관계는 각 오염물질에 대한 배출 규제의 강화 및 환경오염에 대한 투자 증가가 이유인 것으로 설명되었다.

국제 비교연구는 주로 국가를 분석 대상으로 하여 경제성장과 이산화탄소 배출에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 먼저 최충익·김지현(2006)는 1990

년부터 2002년까지 28개의 OECD국가를 대상으로 국가의 경제 성장이 이산화탄소 배출량에 미치는 영향에 관한 연구를 수행하였다. 분석 결과, 경제와 환경 부하간의 환경쿠즈네츠 곡선의 존재가 확인되었으며 소득 전환점은 \$13,700 ~ \$16,764 수준으로 나타났다. 이와 함께 일부 국가들에게는 N자형 그래프의 추세가 나타나기도 했는데, 이와 같은 환경에 대한 영향의 개선효과는 정부의 정책 및 투자와 관련이 있음을 역설하고 있다. 한편, 김지옥(2010)은 1971년부터 2007년까지 아시아 11개 국가를 대상으로 경제 성장에 따른 이산화탄소 배출량 변화를 분석하였는데, 경제 성장에 따른 이산화탄소 배출이 U자 형태를 나타내고 있는 것으로 나타나 환경 쿠즈네츠 곡선 가설이 적용되지 않음을 보이고 있다. Mor and Jindal(2012)의 경우, 1997년부터 2008년까지 39개국을 대상으로 한 연구에서 일부 분석 대상 국가에 대해서 경제 성장과 이산화탄소 배출간의 실증 분석을 통해 환경쿠즈네츠 곡선 관계가 존재하나, 경제이행국가의 경우 U자형의 관계가 존재함을 보이고 있다. 이를 통하여 경제성장에 따라 환경의 질이 향상되는 경향이 있지만 성장이 오염을 자동적으로 줄여주는 것은 아님을 주장했다. Grossman and Krueger(1994)의 연구에서는 1977년부터 1988년까지 32개국 52개 도시에서 대기 및 수질 오염원과 인당 GRDP와의 관계를 보았다. 연구결과, 각 오염원마다 차이가 있었지만 SO₂등의 대기 오염원은 인당 GRDP가 \$4,000~\$5,000 수준에서 역U자형을 보이다가 \$10,000~\$15,000수준에서 다시금 상승하는 모습을 보여 N자 형태로 나타났다. 반면, 수질 오염원의 경우 오염원과 경제 수준과의 관계가 역U자형으로 나타나 환경 쿠즈네츠 곡선 가설이 적용됨을 확인하였다. 한편, Panayotou(2003)는 다양한 선행연구 분석을 바탕으로 환경 쿠즈네츠 곡선의 구간에 따른 추세가 다양하게 나타날 수 있음을 지적하였다.

3. 소결

이와 같이 국내외에서 환경과 경제의 관계에 대한 다양한 실증적 연구가 진행되어 왔다. 다수의 연구에서 경제 발전과 환경오염 간에 환경 쿠즈네츠 곡선의 존재가 확인되었지만(이광수·이민원, 1996; 최종익·김지현, 2006; 이효진·강명규, 2013) 일정 경제수준 이후에 환경오염이 줄어들다가 다시 상승세를 나타내는 N자형이 보이거나(김정인·오경희, 2005; Mor and Jindal, 2012) 또는 계속 증가하는 추세가 보인다는 주장(김지욱, 2010; 강삼복·조단, 2013)도 적지 않았다. 또한 환경 부문에 따라 경제 성장이 미치는 영향이 상이함을 확인할 수 있었다(이광수·이민원, 1996).

기존 선행연구를 검토한 결과 국내외를 막론하고 연구의 범위는 대부분이 국가 차원의 연구가 주를 이루고 있으며, 도시 차원의 국제비교 연구는 매우 미흡한 형편이다. 경제 성장과 환경 보호에 있어서 도시의 역할이 점점 중요하게 부각되고 있는 실정을 고려할 때 이와 같은 연구 갭의 보완이 매우 시급하다고 할 수 있겠다. 이와 같은 배경에서 본 연구는 전 세계 주요 95개 도시를 대상으로 온실가스 배출량, 폐기물 발생량, 물 사용량 및 대기 오염 물질 농도 등 다양한 환경 부문에 대한 경제 발전의 영향을 실증 분석한다는 점에서 선행연구와 차별화된다. 이와 같은 연구는 도시의 경제 성장이 다양한 환경 부문에 미치는 영향을 실증적으로 분석하고, 이를 바탕으로 급속하게 성장하고 있는 개발도상국들의 도시 개발 및 정책 방향 설정에 시사점을 제공할 것으로 기대되는 바이다.

III. 연구범위 및 연구방법

1. 연구범위

본 연구의 분석은 전 세계 4대륙의 95개 도시들

로 하며, 연구의 시간적인 범위는 자료구축 시점인 2007년으로 한다. 분석은 표1과 같이 유럽의 30개 도시, 북미 지역의 27개 도시, 남미 지역의 17개 도시 및 아시아의 22개 도시를 대상으로 한다¹⁾.

본 연구의 분석 모델로는 STIRPAT 모델을 활용하였으며, 환경 분야 중 CO₂ 배출량, 물 사용량, 폐기물 발생량, 이산화질소(NO₂) 및 이산화황(SO₂) 농도를 대상으로 도시의 경제 수준(GRDP)이 환경에 미치는 영향을 실증 분석하였다. 본 연구에서 사용된 자료는 영국 EIU(Economist Intelligence Unit)가 발간한 Green City Index 자료를 기반으로 구축되었다.

2. 연구방법

1) 변수의 구성 및 모형

본 연구에서는 도시 경제와 환경의 관계를 실증 분석하기 위하여 STIRPAT 모델을 활용하였다. 앞서 논의된 바와 같이 STIRPAT 모형의 기본 형태는 식(2)와 같으며, 인구(P), 소득 수준(A), 기술 요인(T)이 환경 부하에 미치는 영향을 나타내고 있다. 경제 수준이 미치는 영향을 분석하기 위하여 소득 수준의 1차 및 2차 항을 독립변수로 사용하였으며, 대륙에 따른 특성을 알아보기 위하여 대륙 간 더미 변수 및 소득수준과의 상호작용 항을 추가하여 분석하였다.

우선, 본 연구의 기본 모델 식은 STIRPAT 모델에 로그를 취한 것으로 식(3)과 같다.

$$\ln I_i = \beta_0 + \beta_1 \ln P_i + \beta_2 \ln A_i + \beta_3 \ln T_i + e_i \dots (3)$$

I = 환경영향

P = 도시 인구요인 (총 인구)

A = 도시 별 소득요인 (GRDP/인)

T = 기술요인(GDP/total energy)

e_i = 오차항

표 1 대륙별 대상 도시 및 분석 대상 환경 오염원

Table 1 List of cities with the available sources of environmental pollutions by continent

Continent	City	Available Type of Environmental Pollutants				
		CO ₂	Water	Waste	NO ₂	SO ₂
유럽 (Europe)	Vienna, Brussels, Sofia, Zargreb, Prague, Copenhagen, Tallinn, Helsinki, Paris, Berlin, Athens, Budapest, Dublin, Rome, Riga, Vilnius, Amsterdam, Oslo, Warsaw, Lisbon, Busharest, Belgrade, Bratislava, Ljubljana, Madrid, Stockholm, Zurich, Istanbul, Kiev, London	○	○	○	○	○
북미 (North America)	Atlanta, Boston, Calgary, Charlotte, Chicago, Cleveland, Dallas, Denver, Detroit, Houston, Los Angeles, Miami, Minneapolis, Montreal, New York City, Orlando, Ottawa, Philadelphia, Phoenix, Pittsburgh, Sacramento, San Francisco, Seattle, St Louis, Toronto, Vancouver, Washington DC	○	○	-	-	-
남미 (Latin America)	Belo Horizonte, Bogota, Brasilia, Buenos Aires, Cuadalajara, Curitiba, Lima, Medellin, Mexico City, Monterrey, Montevideo, Porto Alegre, Puebla, Quito, Rio de Janeiro, Santiago, Sao Paulo	-	○	○	○	○
아시아 (Asia)	Bangkok, Beijing, Bengaluru, Delhi, Guangzhou, Hanoi, Hongkong, Jakarta, Karachi, Kuala Lumpur, Manila, Mumbai, Nanjing, Osaka, Seoul, Shanghai, Singapore, Taipei, Tokyo, Wuhan, Yokohama	○	○	○	○	○

환경에 대한 영향을 나타내는 종속변수, I_i 의 경우, 기후변화요인으로 지목되는 CO₂배출량과 더불어 도시에서의 주요 환경 분야인 폐기물 배출량과 물 사용량, NO₂와 SO₂의 농도를 이용하였다. 한편 인구는 각 도시의 총인구를 대상으로 하였으며, 소득요인은 각 도시의 지역내총생산(GRDP)으로 2005년 기준으로 명목 GRDP를 실질 GRDP로 환산한 값을 사용하였다. 기술요인(T)의 경우, 선행연구에서는 GDP/석유사용량(윤승주, 2014) 또는 GDP/에너지사용량(이효진·강명구, 2012)으로 하였으며 적은 단위의 에너지 사용으로 많은 GDP를 창출하는 것이 에너지 사용의 효율성이 좋다고 본다. 본 연구에서도 기술 수준을 나타내기 위하여 GRDP를 도시의 총에너지 사용량으로 나누는 방법을 활용하여 기술요인으로써 분석한다.²⁾ 본 연구에서는 경제 성장이 환경에 미치는 영향을 검증하기 위하여 이 변수들 중 소득요인의 영향을 중점적으로 보고자 한다.

이와 함께, 환경 쿠즈네츠 곡선 가설에 입각하여

소득 요인이 환경에 미치는 비단조(non-monotonic) 영향의 유무를 검증하기 위하여 소득요인의 이차항을 추가한 경제 2차 모델을 추가 회귀분석을 실시하였다(식 4 참조).

$$\ln I_i = \alpha_i + \beta_0 \ln P_i + \beta_1 \ln A_i + \beta_2 [\ln A_i]^2 + \beta_3 \ln T_i + \epsilon_i \dots \dots \dots (4)$$

이에 있어 소득 변수의 일차항과 이차항의 자기상관을 제거하기 위하여 식5와 같이 표준화 작업을 실시하여 분석에 이용하였다.

$$Z = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \dots \dots \dots (5)$$

마지막으로, 대륙별 차이를 검증하기 위하여 대륙별 더미 및 경제와 대륙더미변수간의 상호작용항(interaction term)을 추가하여 분석하였다. 대륙 더미는 본 연구범위인 도시들을 포괄하는 4개의 대륙(아시아, 유럽, 북미, 남미) 중 아시아를 제외한 나

표 2. 기초통계량 Table 2. Descriptive Statistics

변수 Variables		개수 Obs	평균 Mean	표준편차 Std. Dev.	최솟값 Min	최댓값 Max
종속 변수	모델1: 이산화탄소 배출량 I_C (metric ton)	77	22,000,000	29,600,000	924,110	186,000,000
	모델2: 물 사용량 I_{W1} (liters, daily)	95	1,140,000,000	1,270,000,000	54,900,000	7,890,000,000
	모델3: 폐기물 발생량 I_{W2} (kg. annual)	67	2,040,000,000	2,020,000,000	120,000,000	10,500,000,000
	모델4: NO ₂ 농도 I_N ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, daily)	67	39.1343	16.8854	4	86
	모델5: SO ₂ 농도 I_S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, daily)	66	13.2239	12.5636	0	57
독립 변수	인구 P: Population	95	4,001,789	4,419,516	240,000	19,200,000
	인당 GRDP A: per capita GRDP (real,\$)	95	27,409	17,920	1,613	65,749
	기술요인 T: Technology GRDP/MJ	95	0.2947	0.6285	0.0524	6.1976

머지 대륙을 더미변수로 사용하였다. 또한 각 대륙에 따라 경제가 환경에 미치는 차이를 알아보기 위하여 아시아를 제외한 대륙더미와 도시경제(GRDP)를 반영하는 $\ln A_i$ 변수의 곱을 상호작용항으로 사용하였다. 대륙별 더미와 상호작용항이 추가된 식은 다음 식(6)과 같다.

$$\ln I_i = \beta_0 + \beta_1 \ln P_i + \beta_2 \ln A_i + \beta_3 \ln T_i + \beta_4 EU + \beta_5 NA + \beta_6 LA + \beta_7 \ln A_i \cdot EU + \beta_8 \ln A_i \cdot NA + \beta_9 \ln A_i \cdot LA + e_i \dots \dots \dots (6)$$

- EU = 유럽 더미 (Europe)
- NA = 북미 더미 (North America)
- LA = 남미 더미 (Latin America)
- $\ln A_i \cdot EU$ = 소득과 유럽 상호작용항
- $\ln A_i \cdot NA$ = 소득과 북미 상호작용항
- $\ln A_i \cdot LA$ = 소득과 남미 상호작용항

이와 같이 본 연구에서는 소득요인의 1차 선형관계 및 2차 비선형 관계, 대륙별 특성 분석을 통해 경제발전이 환경에 미치는 영향을 실증 분석하였다.

IV. 분석결과

1. 기초분석

1) 기초통계분석

본 분석에 앞서 더미변수와 상호관계 항을 제외한 종속 변수 및 독립 변수로 사용된 지표들의 기초 통계분석을 실시하였으며 결과는 표 3에 요약되어 있다. 분석 대상 95개 도시의 평균 인구는 약 400만 명이며, GRDP의 경우 일인당 \$1,613 ~ \$65,149의 범위에 분포하고 있으며 평균 인당 GRDP는 \$27,400이다. 기술요인인 환경 효율성은 평균 0.2947 GRDP/MJ이다. 종속 변수의 경우, 이산화탄소 배출량은 평균 18.8백만ton 정도이며 최소 배출량과 최대 배출량의 차이가 약 620배 정도로 도시마다 절대량의 격차가 큰 것으로 나타났다. NO₂는 최소값이 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 최대값이 86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 평균 농도는 약 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도이다. SO₂의 경우는 평균 농도 13.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도로 나타났다.

2) 사분면 교차분석

본격적인 회귀분석에 앞서 각 환경변수와 경제와의 관계를 보기 위하여 사분면 교차분석을 시행하였다. 각 지표 변수 값에 대하여 식(7)과 같이 표준화 작업을 실시하여 이를 사분면에 나타내었다. 그래프의 x축은 인당 GRDP를 나타내는데 y축을 기준으로 오른쪽, 즉 1, 4사분면은 평균보다 소득수준이 높은 도시를 나타내고 2, 3사분면은 평균보다 소득수준이 낮은 도시를 나타낸다. 한편, y축은 각 환경영향의 정도를 높고(High) 낮음(Low)으로 나타내어 x축을 기준으로 1, 2사분면은 환경오염 수준이 평균보다 높은 도시를, 아래쪽 3, 4분면은 환경오염이 평균보다 낮은 도시를 나타낸다. 대륙별 소득의 분포를 보면 분석 대상 도시 중에서 남미 및 아시아 도시들의 경우 소득이 비교적 낮은 반면, 유럽과 북미의 도시들은 소득이 높게 나타나고 있다.

$$Z = \frac{X - m}{\sigma} \dots \dots \dots (7)$$

먼저, 인당 GRDP와 인당 이산화탄소 배출량과의 관계는 그림 2와 같다. 북미 대륙 도시들의 경우, 아시아나 유럽의 비슷한 경제수준의 도시들에 비하여 GRDP대비 이산화탄소 배출량이 상대적으로 현저하게 높은 모습을 보이고 있다. 이와 대조적으로 유럽의 도시에서는 경제수준이 올라갈수록 이산화탄소 배출량이 크게 증가하지 않고 일정 수준을 유지하는 모습을 보였다. 이러한 차이는 북미와 유럽 도시의 공간적인 특성에 따른 인구밀도의 차이로 설명할 수 있으며, 인구밀도가 높을수록 인당 이산화탄소의 배출량이 줄어드는 것으로 설명될 수 있다(Siemens, 2012). 물 사용량의 경우도 그림 3과 같이 이산화탄소 배출과 비슷한 경향을 보이고 있는데, 대체적으로 북미 도시의 경우 다른 도시들에 비하여 사용량이 높게 나타나고 있다.

폐기물 배출량의 경우는 그림 4에서 보이는 바와 같이 일반적으로 경제 성장과 함께 폐기물 발생량은 증가하나 일정 수준 이상에서는 배출량이 크게 증가하지 않고 일정한 수준으로 유지함을 알 수 있다. 한편, 대기 오염물질인 NO₂ 및 SO₂의 경우 그림 5와 6에서 보이는 바와 같이 다른 환경요소들과는 다소 다른 양상을 보이고 있다. 소득 수준이 어 있는 반면, 일정 수준 이상의 소득 수준에서는 일정 수준 이하로 떨어지는 경향을 보이고 있다. 이는 기존의 이광수·이민원(1996), 이상우(2002)의 연구에서 논의된 바와 같이 대기 오염의 경우 경제 성장과 더불어 정부 정책 강화, 기술 개선 효과 등의 효과로 인하여 본 연구에서 다루어진 다른 오

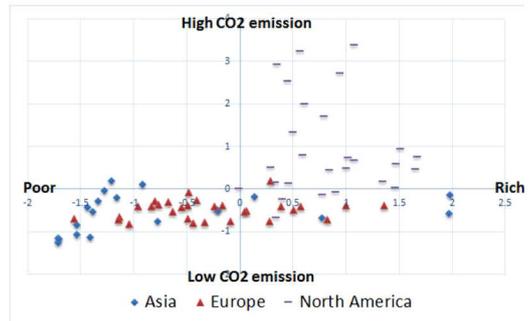


그림 2. 인당 CO₂ 배출량과 인당 GRDP 사분면
Fig. 2. Quadrant of between CO₂ emission per capita and GRDP per capita

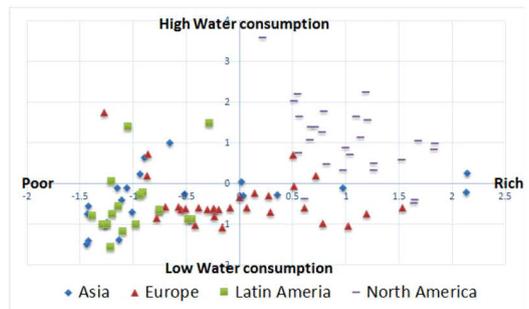


그림 3. 인당 물 사용량과 인당 GRDP 사분면
Fig. 3. Quadrant of between Water consumption per capita and GRDP per capita

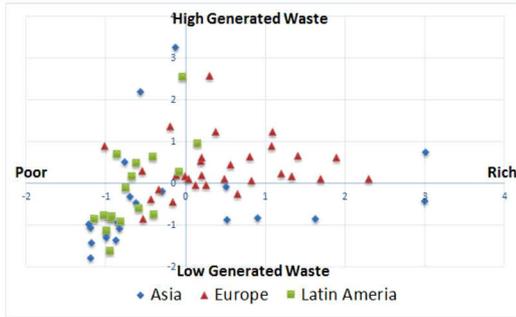


그림 4. 인당 쓰레기 배출과 인당 GRDP 사분면
Fig. 4. Quadrant of between Waste generated per capita and GRDP per capita

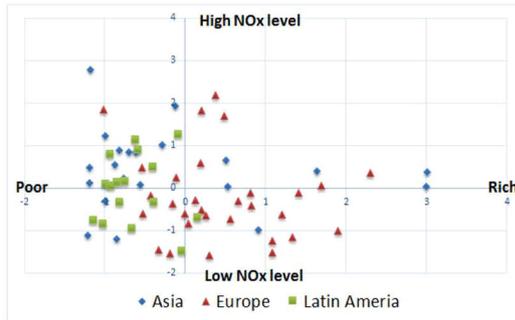


그림 5. 대기 중 NO₂ 농도와 인당 GRDP 사분면
Fig. 5. Quadrant of between Nitrogen dioxide levels and GRDP per capita

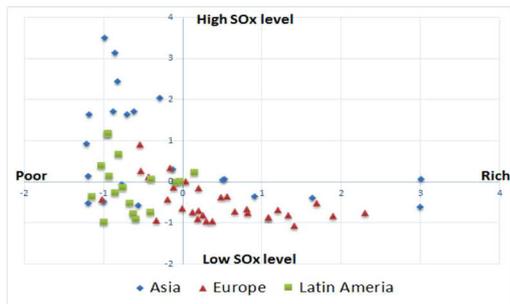


그림 6. 대기 중 SO₂ 농도와 인당 GRDP 사분면
Fig. 6. Quadrant of between Sulfur dioxide levels and GRDP per capita

염분질과는 달리 경제 성장이 어느 수준 이상인 도시의 경우 규제의 대상으로 일정 수준 이상으로 관

리가 되고 있음을 유추할 수 있다.

이와 같은 사분면 교차분석 결과는 환경 오염원에 따라 경제와의 관계는 다양하게 나타남을 보여주고 있으며, 또한 환경오염과 경제와의 관계에 있어 대륙 간의 차이가 존재함을 시사하고 있다.

2. 경제 성장이 환경에 미치는 영향

본 연구에서는 환경과 경제의 관계를 분석하기 위하여 STIRPAT 모델을 기반으로 실증분석 하였으며 그 결과는 표 4에 요약되어 있다. 앞서 기술된 바와 같이 경제 수준이 환경에 미치는 영향을 알아보기 위하여 경제 수준 변수의 1차 및 2차 항을 이용하여 선형관계 및 역U자 혹은 U자형의 비단조적 관계를 검증해 보았으며, 각 환경 오염원에 대한 경제의 영향은 다음과 같다. 본 모델에서는 모든 변수가 로그로 치환되어 계수 값은 해당 변수의 변화에 대한 환경 영향 변수 변화에 대한 탄력성으로 이해될 수 있다.

우선, 모델1의 이산화탄소 배출량의 경우, 1인당 GRDP의 계수가 양으로 통계학적으로 유의하게 도출되었다. 본 분석 결과에 따르면 다른 조건이 동일할 때, 도시의 경제 수준이 1% 증가시 이산화탄소 배출량은 약 0.5% 증가함을 시사한다. 한편, 경제2차 모형의 경우 2차항의 계수가 유의하지 않게 도출되어 이산화탄소의 증가는 경제 성장과 단조적인 상관관계만을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 모델2의 물 사용량의 경우 또한 경제1차 모델에서는 GRDP의 영향이 양(+)의 관계로 유의하게 도출되었지만, GRDP 2차 항은 유의하지 않게 나타나 경제 발전과 물 사용량은 단순히 양의 선형 관계를 나타내고 있다. 본 분석 결과에 따르면 GRDP 1% 증가는 약 0.4%의 물 사용량 증가를 야기하는 것으로 드러났다. 모델3의 폐기물 배출량의 경우, 선형 모델에서는 GRDP와 양(+)의 관계를 가지는 것

표 4. 경제 수준이 환경에 미치는 영향 분석 결과

Table 4. Analysis results on the effect of economic development on environment

Dep. Indep.	Model1 : 이산화탄소(lnIC)		Model2 : 물 사용량(lnIW1)		Model3 : 폐기물 발생량(lnIW2)		Model4 : NO ₂ (lnIN)		Model5 : SO ₂ (lnIS)	
	경제1차	경제2차	경제1차	경제2차	경제1차	경제2차	경제1차	경제2차	경제1차	경제2차
Constant	2.231 ^{***}	2.225 ^{***}	5.634 ^{**}	5.606 ^{***}	6.754 ^{***}	6.762 ^{***}	-0.022	-0.002	-4.087 ^{***}	-4.007 ^{***}
lnP	0.967 ^{***}	0.968 ^{***}	0.996 ^{***}	1.000 ^{***}	0.969 ^{***}	0.967 ^{***}	0.238 ^{***}	0.246 ^{***}	0.397 ^{***}	0.376 ^{***}
lnA	0.521 ^{***}	0.535 ^{***}	0.370 ^{**}	0.437 ^{***}	0.206 ^{***}	0.131	0.037	0.221	-0.048	-0.480
lnA ²		0.0028		0.015		-0.013		0.032		-0.076
lnT	-0.461 ^{***}	-0.462 ^{***}	-0.404 ^{***}	-0.406 ^{***}	-0.059	-0.035	-0.029	-0.087	-0.203	-0.070
R ²	0.857	0.857	0.826	0.827	0.916	0.917	0.234	0.247	0.306	0.327
Adj. R ²	0.851	0.849	0.821	0.819	0.912	0.911	0.198	0.198	0.272	0.283

유의수준 : *, **, *** 는 각 0.1, 0.05, 0.01 수준에서 유의함

표 5. 대륙별 특성 분석 결과

Table 5. Results on the effect of continental characteristics

Dep. Indep.	Model1 : 이산화탄소(lnIC)	Model2 : 물 사용량(lnIW1)	Model3 : 폐기물 발생량 (lnIW2)	Model4 : NO ₂ (lnIN)	Model5 : SO ₂ (lnIS)
Constant	3.0427 ^{***}	6.7066 ^{***}	6.2094 ^{***}	-0.1138	-0.5319
lnP	0.9279 ^{***}	0.9513 ^{***}	0.9967 ^{***}	0.2454 ^{***}	0.1967 [*]
lnA	0.5005 ^{***}	0.3478 ^{***}	0.1751 ^{***}	0.0102	0.0152
lnT	-0.3533 ^{***}	-0.2222 ^{**}	-0.0444	-0.0382	-0.2209
LA Dummy (Latin America)		-0.0418	0.5614 ^{**}	-0.0258	-0.4476
NA Dummy (North America)	0.0667	-0.3780			
EU Dummy(EU)	-0.4486 [*]	-0.8894 ^{***}	0.0838	-0.0962	-1.1953 ^{**}
lnA*LA		0.0915	0.1972 [*]	0.0495	0.0517
lnA*NA	0.1589	-0.9434 [*]			
lnA*EU	-0.1580	-0.4845 ^{***}	-0.0967	-0.0876	-0.3488
R ²	0.8717	0.8645	0.9258	0.2752	0.3880
Adj. R ²	0.8587	0.8501	0.9170	0.1893	0.3141

유의수준 : *, **, *** 는 각 0.1, 0.05, 0.01 수준에서 유의함

으로 나타나는 반면 경제2차 모형에서는 GRDP의 영향이 통계적으로 유의하지 않게 나타나고 있다. 폐기물 발생량의 경우 인구의 영향은 두 모델 모두 유의하게 나타나고 있어 인구요인이 주요한 영향인 자임을 알 수 있으며 강한 상관관계를 확인할 수 있다. 경제 증가에 따른 폐기물 발생량 증가 탄력성은 다른 요소보다 작아서, 1%의 GRDP 증가는 폐기물 발생량을 약 0.2% 증가시키는 것으로 나타

났다.

한편, 대기 오염 물질인 NO₂와 SO₂에 대한 영향을 분석한 모델4와 모델5의 결과에서는 경제1차 및 경제2차 모델 모두에서 GRDP가 미치는 영향이 통계학적으로 유의하지 않음을 보이고 있다.

소득 요인 이외의 STIRPAT 모형의 주요한 요소인 인구요인은 환경오염 물질의 종류와 상관없이 가장 주요한 환경 부담 증가 요인으로 드러났다.

선행연구에서 검증된 바와 같이 본 연구의 실증분석 결과에서도 인구는 모든 모델에 있어 환경요소와 양(+)의 관계에 있으며, 또한 주요 영향 인자들 중 가장 탄력성이 높게 나타나 도시의 인구 증가가 환경에 영향을 주는 주요한 요인 중 하나임을 확인할 수 있다. 한편 기술 요인의 영향 또한 기존의 선행 연구 결과와 유사하게 모두 음(-)의 관계로 나타나 기술이 발전할수록 환경영향이 개선된다고 볼 수 있으나 일부 환경요소에서는 통계학적으로 유의하게 나타나지 않았다.

모델 적합도의 경우, 모델5를 제외한 모든 환경영향변수에 대하여 경제2차 모형의 경우 R^2 값이 경제1차 모형에 비하여 미세하게 크게 나타나고 있다. 이는 GRDP 2차항의 추가로 인한 설명변수 증가로 인하여 모델 설명력이 증가한 것으로 adjusted R^2 값은 경제1차 모델이 높게 나타나고 있으며 또한 추가된 2차항이 모두 유의하지 않게 나타나 경제1차 모형이 환경이 경제에 미치는 영향에 좀더 적합한 모형임을 알 수 있다.

이와 같은 연구 결과는 1인당 GRDP가 증가할수록 이산화탄소 배출량, 물 사용량 및 폐기물 배출량이 증가하여 환경에 부정적인 영향을 미치고 있음을 시사한다. 한편, 모든 모델에 대하여 경제 성장의 2차 항은 유의하지 않게 나타나 경제 성장의 영향은 환경과 선형적, 단조적 관계에 있음을 확인할 수 있었다. 대기 오염 물질의 경우 경제는 발전에 의한 영향이 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 따라서 도시의 경제 발전이 환경에 미치는 영향은 환경 오염원에 따라 차이가 있으나 일반적으로 부정적인 영향을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

3. 대륙별 영향 특성

본 절에서는 경제 수준이 환경에 미치는 영향이

대륙별로 상이한지 알아보기 위하여 기본분석 모형에 대륙 더미 변수와 대륙과 경제의 상호관계항을 추가하여 분석하였다. 결과는 표5와 같다.

우선 대륙별 영향 특성을 보면, 모델 1의 이산화탄소 배출, 모델2의 물사용량 및 모델 5의 SO_2 배출 변수에 대하여 유럽 도시들의 더미가 유의하게 도출되었다. 이는 유럽 도시들의 경우, 다른 지역의 도시들과 비교하여 동일한 인구수, 소득 수준 및 기술 수준에서 배출하는 일인당 이산화탄소, 물 사용량 및 SO_2 배출량이 적음을 의미하여 일반적으로 유럽 도시들의 본 연구 관련 환경오염 요소들의 관리가 다른 지역 도시들에 비하여 잘 이루어지고 있음을 시사하고 있다.

이에 더하여 물 사용량의 경우 유럽 및 북미 도시의 경우 경제와의 상호관계항의 계수가 음의 값으로 그 절댓값이 소득수준 계수의 절댓값보다 크게 나타나, 유럽과 북미 도시의 경우 소득수준이 높을수록 오히려 물 사용량이 점차 낮아지는 것을 알 수 있어 경제 수준이 물 사용량에 미치는 영향이 다른 지역과는 상이함을 알 수 있다. 이와 같은 일인당 물 사용량 차이는 소득의 영향 외에 생활습관 및 문화, 수도가격, 미터기 특성 등에 의하여 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Bithas, 2008).

한편 폐기물의 경우 남미 도시의 영향이 유의하게 나와, 다른 지역의 도시에 비하여 동일한 조건에서 일인당 폐기물 발생량이 더욱 높음을 알 수 있다. 또한 경제와의 상호관계 항도 유의하게 나와, 다른 지역에 비하여 소득수준이 증가함에 따라 폐기물의 양도 더욱 가파르게 증가하는 것으로 나타났다.

V. 결론

도시는 국가 경제의 견인차 역할을 하는 주요한

경제활동 중심지로서 긍정적인 역할을 수행하는 반면, 이로 인한 환경오염 및 에너지 문제 등의 환경 문제의 주요한 원인 제공처이기도 하다. 특히 최근 아시아 및 아프리카를 중심으로 빠른 도시화 및 경제 성장이 이루어지면서 도시의 경제성장과 환경의 질의 양립 문제는 전 지구적 지속가능 발전에 주요한 연구 주제로 부상하고 있다. 이와 같은 배경에서 본 연구는 세계 95개 도시를 대상으로 도시의 경제 수준이 5개 환경 부문, 즉 이산화탄소 배출량, 물 사용량, 폐기물 배출량 및 NO₂ 및 SO₂ 농도에 미치는 영향을 STIRPAT 모형을 이용하여 실증 분석하였다. 본 연구 결과 및 시사점은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 인구 요소 및 기술 수준이 동일할 때 도시의 경제적 수준은 일반적으로 이산화탄소 배출량, 물 사용량 및 폐기물 배출량과 양의 선형 관계를 가지고 있음을 확인하였다. 이는 도시의 경제 수준이 높아질수록 해당 부문의 환경에 미치는 부정적 영향이 증가할 수 있음을 의미하여, 현재 급속도로 발전하고 있는 개도국 도시들의 경제 성장이 경제 생산 및 소비 활동 증가, 교통 에너지 수요 증가 등과 연계되어 이로 인한 이산화탄소 배출량, 물 사용량 및 폐기물 배출량의 급속한 증가로 이어질 수 있음을 시사하고 있다. 이와 같은 결과는 도시의 경제 성장과 더불어 환경 문제 개선에 있어 도시 정부의 추가적인 재정적, 행정적 지원이 필요함을 시사하고 있다.

둘째, 대기 오염 물질인 NO₂와 SO₂의 경우엔 경제 변수가 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있지 않은 것으로 도출되었다. 이는 본 연구에서 연구된 환경 오염원 중 NO₂와 SO₂만이 유일하게 환경 규제 대상으로 경제 수준이나 기술의 영향보다는 정부의 오염규제와 환경정책에 따른 영향이 더 큰 것으로 이해 될 수 있으며 이는 기존의 연구 결과와도 일치한다고 하겠다.

셋째, 환경오염에 미치는 영향은 대륙별로 차이가 있음을 알 수 있다. 이산화탄소의 경우 인구, 경제 및 기술 요인이 동일할 때 다른 지역에 비하여 유럽 도시들의 배출량이 낮게 나타났다. 물 사용량의 경우, 유럽과 북미 도시들은 경제 수준이 높을 수록 물 사용량이 오히려 낮아지는 경향을 보이고 있다. 한편, 폐기물 발생량의 경우 남미 도시들은 다른 조건들이 동일할 때 일인당 폐기물 발생량이 더 큰 경향을 보이고 있으며 또한 경제 발전으로 인한 폐기물 발생량 증가도 다른 지역보다 더욱 크게 이루어짐을 알 수 있었다. 이와 같은 대륙별 차이는 선행연구에서 논의된 바와 같이 도시 형태, 생활 습관 및 문화, 수도 가격 및 폐기물 처리 비용 등 다양한 인자의 차이에 의한 것으로 이해될 수 있다. 따라서 효과적인 도시 환경 문제 개선 및 저감을 위해서는 대륙별 도시 특성에 맞는 정책 및 관리가 중요하다고 하겠다.

본 연구의 한계점으로는 자료 취득의 어려움으로 인해 Green City Index에 포함되어있는 95개 도시들만을 대상으로 분석이 이루어졌으며, 분석 시점 또한 한 시점으로 고정되어 환경 쿠즈네츠 곡선 가설 검증에 한계가 있다는 점이다. 현재 환경 및 기후변화 문제 저감 및 대응에 있어 도시 역할의 중요성이 점점 증대하고 있는 상황에서 향후 도시 차원에서의 데이터 구축 및 비교 연구에 대한 노력이 더욱 증대되어야 할 것이다. 또한 본 연구결과와 동일한 인구, 경제 및 기술 환경에서 대륙별 환경 부하 정도가 상이한데 이에 대한 근본적인 원인 규명을 위해서는 추가적인 분석이 필요하다고 하겠다.

주1. 본 연구에서 사용된 자료는 영국 EIU(Economist Intelligence Unit)이 발간한 Green City Index Series 대륙별 보고서의 원 데이터(raw data)를 참고로 사용하였다. EIU는 Siemens의 후원으로 수행한 연구 프로젝트로 아프리카, 아시아, 유럽, 남미, 북미의 5개 대륙을 대상으로 5개의 보고서를 출간하였으며, 각 보고서에 포함되어 있는 변수 종류에

는 차이가 있다. 따라서 본 연구에서는 취득 가능한 데이터에 따라 환경 지표별 분석 대상 도시의 샘플수가 상이하다. Green City Index에 제시되어 있는 원 자료는 도시차원에서 공개되어있는 통계 자료 및 전문가 인터뷰를 통하여 구축된 것으로 2007년을 기준으로 자료가 수집되었다.

주2. 본 연구에서는 총 에너지 사용량이 구축되어있지 않은 도시의 경우 각 국가단위의 인구 당 총 에너지 사용량을 도시의 인구와 GRDP를 활용하여 분석하였다.

인용문헌

Reference

1. 강상목, 조단, 2013. "화석에너지와 CO2 배출량 규제 하의 경제와 환경의 효율성 분석", 『자원·환경경제연구』, 22(2): 329-365.
- Kang SM. and Zhao, D., 2013. "Analysis of the Economy and Environment Efficiencies under the Regulation of Fossil Fuel and Carbon Dioxide Emission", *Environmental and Resource Economics Review*, 22(2): 329-365.
2. 김정인, 오경희, 2005. "한국의 환경쿠즈네츠 곡선에 관한 고찰", 『통계연구』 10(1): 119-144.
- Kim, JI., and Oh, KH., 2005. "Environmental Kuznet Curve in Korea", *Research on Statistics*, 10(1): 119-144.
3. 김지욱, 2010. "아시아 국가들 환경오염배출량의 확률수렴성과 환경쿠즈네츠곡선가설 검증", 『자원·환경경제연구』, 19(3): 571-586.
- Kim, JU., 2010. "The Test of Stochastic Convergence of Environment Emission and Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Asian Developing Countries", *Environmental and Resource Economics Review*, 19(3): 571-586.
4. 박추환, 2013. "패널분석을 이용한 6대 권역별 대기오염물질에 대한 환경규제와 경제성장 간의 상호관계 분석 : EKC(환경쿠즈네츠곡선)가설을 중심으로". 『환경정책연구』, 12(2): 59-86.
- Park, CH., 2013. "The correlation among the GHG (Greenhouse Gas) emission, energy consumption and economic growth for the 6 specific regions in Korea by using Panel approaches:By Testing of the EKC(Environmental Kuznets Curve)", *Journal of Korea Environmental Institute*, 12(2): 59-86.
5. 윤승주, 2014. "STIRPAT 모형을 활용한 재생에너지 사용과 CO₂ 배출량의 관계에 관한 연구: OECD 국가를 중심으로", 석사학위논문, 성균관대학교.
- Yoon, SJ, 2014. "Study on relationship between renewable energy and CO₂ emissions using the STIRPAT model : focusing on the OECD countries", Master's Degree Dissertation, Sungkyunkwan University.
6. 이광수, 이민원, 1996. "환경을 고려한 지역경제의 성장평가", 『자원·환경경제연구』, 5(1): 143-188.
- Lee, GS. and Lee, MW., 1996. "Regional Economic Growth and the Environment", *Environmental and Resource Economics Review*, 5(1):143-188.
7. 이상우, 2002. "한국의 환경쿠즈네츠곡선 실증분석", 석사학위논문, 연세대학교.
- Lee, SW., 2002. "The empirical analysis of environmental kuznets curve of Korea", Master's Degree. Dissertation, Yonsei University.
8. 이효진, 강명구, 2012. "패널분석을 이용한 도시화와 CO₂배출량과의 관계에 대한 연구", 『한국지역개발학회지』, 24(5): 125-144.
- Lee, HJ. and Kang, MG, 2012. "Relationship between Urbanization and CO₂ emissions : A Cross-Country Panel Data Analysis", *Journal of The Korean Regional Development Association*, 24(5): 125-144.
9. 정군오, 정영근. 2004. "경제성장과 이산화탄소 배출에 관한 다국가 비교분석", 『산업경제연구』, 17(4): 1077-1098.
- Jung KO. and Chung YK., 2004. "The Pollution and Economic Growth based on the Multi-country Comparative Analysis", *Industry Economy Research*, 17(4): 1077-1098.
10. 최충익, 김지현, 2006. "경제성장과 환경오염간의 관계에 대한 국제비교연구-CO₂의 환경 쿠즈네츠곡선 검증을 중심으로", 『국토계획』, 41(1): 153-166.
- Choi CI. and Kim JH., 2006. "Testing the

- existence of EKC in CO₂ = An International Comparative Study on the Relationship Between Economic Growth and Environmental Pollution", *Journal of Korean Planners Association*, 41(1): 153-166.
11. Bithas, K., 2008. "The sustainable residential water use: Sustainability, efficiency and social equity", *The European experience, Ecological Economics*, 68(1-2): 221-229
 12. Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H. and Wheeler, D., 2002. "Confronting the Environmental Kuznets curve", *Journal of Economic Perspectives*, 16(1): 147-168.
 13. De Bruyn, S.M., van den Bergh, J.C.J.M. and Opschoor, J.B., 1998. "Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curve", *Ecological Economics*, 25: 161-175.
 14. Dietz, T. and Rosa, E.A., 1994. "Rethinking the environmental impact of population, affluence, technology", *Human Ecology Review*, 1: 277-300.
 15. Dietz, T. and Rosa, E.A., 1997. "Effects of population and affluence on CO₂ emissions", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(1): 175-179.
 16. Dodman, D., 2009. "Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories", *Environment and Urbanization*, 21(1): 185-201.
 17. Ehrlich, P. and Holdren, J., 1971. "Impact of population growth", *Sciences, New Series*, 171 (3977): 1212-1217.
 18. Grossman, G. M., and Krueger, A. B., 1994. "Economic growth and the environment" *National Bureau of Economic Research*. No. w4634.
 19. Hettige, H., Mani, M. and Wheeler, D., 2000. "Industrial pollution in economic development: the environmental Kuznets curve revisited", *Journal of Development Economics*, 62: 445-476.
 20. Mor, S. and Jindal, S., 2012. "Estimation of Environmental Kuznets Curve and Kyoto Parties: A Panel Data Analysis" ,*International Journal of Computational Engineering & Management*, 15(1).
 21. Panatoyou, T., 2003. "Economic growth and the environment", *Economic Survey of Europe*, 2: 45-72.
 22. Schulze, P.C., 2002. "I=PBAT", *Ecological Economics*, 40(2):149-150.
 23. Siemens , 2012, *The Green City Index*.
 24. Waggoner, P.E. and Ausubel, J.H., 2002. "A framework for sustainability science: a renovated IPAT identity", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12): 7860-7865.
 25. UN-Habitat, 2011. *Cities and Climate Change: Policy Directions*.

Date Received	2015-04-28
Reviewed(1 st)	2015-06-07
Date Revised	2015-07-16
Reviewed(2 nd)	2015-08-30
Date Accepted	2015-08-30
Final Received	2015-09-21