

인식수준이 환경오염물질 배출량 변화에 미치는 영향 -환경쿠즈네츠 곡선 가설 연구-

강 희 찬*

요 약 : 본 연구는 환경쿠즈네츠 곡선 가설이 제시하는 환경오염물질의 배출량이 증가하다가 일정 소득 이상이 되면 감소하는 현상에 대해, 그 원인을 미시적인 변수인 인식수준과 연관 지어 설명하는데 목적이 있다. 인식수준은 오염물질의 영향이 지역적(이산화황)이나 아니면 지구적(이산화탄소)이나에 따라, 다르게 형성되며, 이에 따라 배출량 변화에 미치는 영향도 상이하게 나타날 수 있음을 확인하였다. 이를 실증적으로 살펴보면, 오염물질 영향과 인식수준 간에 발생하는 상이한 반응 작용을 간과한 경우, 환경오염물질 배출량이 증가하다가 감소하는 전환점이 과소 혹은 과대 추정될 수 있음을 확인하였다. 이와 더불어 오염물질의 영향이 지역적이거나 지구적이냐에 따라, 인식수준에 미치는 영향에 차이가 발생하여, 지역적 오염물질이 글로벌 오염물질에 비해 더 낮은 소득 수준에서 배출량이 증가에서 감소로 전환되는 것을 확인하였다. 이러한 결과로부터 도출할 수 있는 정책적 시사점은, 지역적 오염물질에 비해 글로벌 오염물질인 이산화탄소의 저감을 위해서는, 교육과 홍보 등 정부의 적극적 노력이 요구되며, 규제 및 저탄소 기술 개발과 동일한 수준의 국민 의식제고를 위한 노력과 자원 투자가 필요하다는 점이다.

주제어 : 환경쿠즈네츠곡선가설, 환경인식수준

JEL 분류 : Q53, Q56

접수일(2013년 4월 9일), 수정일(2013년 5월 21일), 게재확정일(2013년 8월 20일)

* 한국환경정책·평가연구원 연구위원(e-mail: hckang@kei.re.kr)

Effect of Awareness on the Change of Polluting Emission - Analysis of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis-

Heechan Kang*

ABSTRACT : The purpose of this study is to explain the causes of the phenomenon that the Environmental Kuznets Curve hypothesis suggests that the increasing the emissions level of environmental pollutants starting to decrease as a certain income level is reached, associating microeconomic variables such as awareness level. Effects of the level of awareness differs depending on the characteristics of the impacts of pollutants- either regional or global. Furthermore, the study identifies that the impacts on the change in emissions inventory differ. The study empirically examines and concludes that the turning point where the emission level of environmental pollutants starts to decrease is over- or under-estimated if the differing responses between the level of awareness and its effect on pollutants are ignored. In addition, the level of emissions starts to decrease at a lower level of income in case of regional effect from pollutant than the global effect from it. Finally, the study implies that investing more efforts and resources to improve the level of people's awareness on environmental quality is effective if the government is to alter the increasing path of emission level.

Keywords : The Environmental Kuznets Curve Hypothesis, Environmental Awareness

Received: April 9, 2013. Revised: May 21, 2013. Accepted: August 20, 2013.

* Korea Environment Institute(e-mail: hckang@kei.re.kr)

I. 서론

환경쿠르네즈 곡선 가설에 따르면, 환경적 피해(환경오염물질)는 초기에는 증가하지만, 전환점(turning point)을 지난 후에는 일인당 소득수준과 함께 감소한다. 이러한 역 U자형의 관계는 다음의 몇 가지 방법으로 설명 가능할 수 있다. 첫째, 소득수준이 증가하면서 환경오염 저감기술(환경기술) 분야에 대한 투자가 증가하고 오염저감 기술이 확대되면서 환경적 피해가 감소할 수 있다(Andreoni and Levinson, 1998). 둘째, 소득수준이 증가함에 따라 산업구조가 변화하여 환경오염을 유발할 가능성이 높은 제조업 비중이 낮아지고 환경피해가 적은 서비스업 비중이 높아지면서 전반적 환경피해가 감소할 수 있다(Torrás and Boyce, 1998). 셋째, 소득수준이 증가하면서 국민들의 높은 삶의 질을 추구 성향이 나타나고 이 과정에서 환경질 개선을 위한 정책요구가 강해지면서, 보다 강도 높은 환경질 개선정책이 시행되어 환경적 피해가 감소할 수 있다(Galeotti and Lanza, 1999; Bruyn, 1997; Hettige *et al.*, 2000). 넷째, 환경오염으로 인한 피해를 국민들이 직접 인지할 정도가 되면 생존권 확보와 삶의 질 개선차원에서 환경질 개선의 요구가 증대되고 이로 인해 환경질 개선을 유도할 수 있는 정책도입에 대한 국민의 압력이 증가하여 환경질 개선 정책이 채택·시행될 가능성이 높다(Duroy, 2005).

네 번째로 제시한 가능성이 다른 세 가지 설명 방법과 구분되는 점은 소득의 증가와의 명확한 관련성은 찾기 어렵지만, 환경오염으로부터 발생하는 피해를 얼마나 잘 인지할 수 있는가에 따라 오염물질 저감(환경질 변화)에 영향을 미칠 수 있다는 점이다. Schmacher(2009)는 환경질 수준이 개인의 효용에 영향을 미치고, 이로 인해 개인의 환경저감을 위한 행동을 유발한다고 주장하면서, 인식수준의 변화와 환경질 개선 간의 관계를 개인의 효용의 변화를 통해 설명하고 있다.

인식수준이라는 것을 경제학에 포함시키기 매우 어려운 부분이 있으나, 인식수준의 변화로 나타난 개인의 행동의 변화를 인식수준을 나타내는 대리변수로 삼는다. 이 논문에서도, 인식수준이라는 것은 환경질의 악화로 인한 비효율을 줄이기 위해, 개인의 금전적 기여를 포함한 환경질개선을 위한 행동을 취하는 것(환경친화적 정당에 투표하는 행위 등)을 포함한다고 가정한다. 즉 개인의 효용함수는 소비재와 공

공재인 환경질(환경서비스)로부터 효용을 얻을 뿐만 아니라, 환경질 높이기 위한 개인적인 기여에서도 효용을 얻는다. 이처럼 개인이 환경질 개선을 위해 금전적 혹은 정치적 기여를 하는 것은 Andreoni(1990)이 주장하는 순수 이타심과 비순수 이타심 모두를 포함한다. 순수 이타심 분야는 환경질은 전체 구성원의 기여의 합으로 나타나며(Becker(1974)), 기여의 합의 일정 수준에 도달하지 못하면 환경질의 개선은 미흡하게 나타난다. 비순수 이타심 분야에서 환경질을 높이기 위한 개인적인 기여가 촉발되는 요인은 환경질이 악화를 막기 위한 사회적 책임감의 결과이거나 타인으로부터의 인정을 얻기 위한 평판추구 차원에서 금전적 기여를 포함한 정치적 활동에 참여하는 것을 말한다.

이와 관련하여 더욱 주목할 점은 오염물질에 따라서 환경오염으로 인한 피해를 쉽게 인식할 수 있는 오염물질과 환경적 피해를 쉽게 인식할 수 없거나 오염물질과 피해와의 관계가 명확하지 않은 경우가 존재하며, 이러한 차이는 사람들의 인식수준에 동일하게 영향을 미치지 않는다는 점이다. 결과적으로 환경질 악화 정도를 얼마나 쉽게 인식하느냐의 차이가 당사자들이 얼마나 강하게 관련 오염물질을 줄이는 정책을 지지할 수 있느냐를 결정지을 수 있다. 예를 들어, 이산화황(SO₂)의 경우, 산성비 등의 피해가 이산화황을 많이 배출한 지역에 더 심각하게 나타나게 되고 오염물질에 대한 피해 당사자들은 해당 지역의 이산화황을 저감할 수 있는 정책 도입을 더욱 강하게 지지하게 될 가능성이 높다. 반면, 온실가스(CO₂)의 경우 특정 지역(혹은 국가)의 배출량과 그 지역에 온실효과를 통해 나타나는 기후변화의 영향이 직접적으로 배출량에 비례하여 나타나는 것이 아니므로, 해당 지역(혹은 국가)의 국민들은 온실가스 저감을 위한 정책도입을 이산화황에 비해 덜 절실하게 요구할 가능성이 높다.

이를 환경쿠즈네츠 곡선 가설과 연관 지어 설명하면, 지역적 오염물질(이산화황)로부터 발생하는 피해는 그 지역 주민들이 쉽게 인식할 수 있기 때문에, 낮은 소득 수준에서도 오염물질 저감 정책 도입을 강하게 요구하여, 결과적으로 전환되는 소득 수준이 낮을 가능성이 있다. 이에 반해 국제적 오염물질(이산화탄소)로 인한 피해(기후변화)는 장기적으로 발생하여 인식하기 어렵거나, 오염물질과 그 피해 간의 인과관계를 쉽게 인식하기 어렵기 때문에, 기상이변이 빈번하게 나타나서 인식할

정도가 되거나 혹은 소득 수준이 올라가 교육서비스 등을 통해 간접적으로 인식 수준이 제고되어야 비로소 배출 규제 정책 도입을 요구하게 될 것이다. 결과적으로 국제적 오염물질은 지역 오염물질에 비해 더 높은 소득 수준에서 배출량이 감소로 전환될 것이다. 그러나 기존의 논문들에서는 오염배출원의 피해 범위와 정도 차이에 따른 전환 소득수준의 차이를 설명하지 못했다. 이러한 문제인식을 바탕으로 다음의 가설을 설정하고 검증해 보고자 한다.

“가설: 지역적 오염물질인 이산화황 배출량이 감소로 전환되는 소득수준과 온실가스와 같이 지구적 영향을 미치는 오염물질의 배출량이 감소로 전환되는 소득수준 간에는 분명 차이가 존재 하며, 이는 환경에 대한 인식수준에 차이에서 발생한다.”

이러한 가설을 바탕으로 본 연구의 목적은 첫째, 미시적 자료인 인식수준을 기존의 환경쿠즈네츠 모형에 포함시켜 인식수준이 오염배출량과 소득수준 간에 역U자형 관계를 설명함에 있어 중요한 설명변수인지를 검증하고, 둘째, 인식수준을 환경쿠즈네츠모형에 포함시키되 지역적 오염물질과 지구적 오염물질의 구분하여 인식수준이 각각의 오염물질 배출에 미치는 영향의 차이를 분석하고, 셋째, 각각의 오염물질이 감소로 전환되는 소득수준이 차이가 존재하는지를 추정하여, 만일 차이가 존재할 경우 인식수준과 어떤 연관성이 있는지를 검증하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 선행연구를 분석하며, 3장에서는 모형을 설정한 후 4장에서는 실증분석 결과를 살펴보고, 5장에서는 실증결과 분석을 종합하여 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

II. 선행연구

Grossman and Kruger(1991)의 기념비적인 연구 이후, 환경쿠즈네츠곡선의 존재 여부나 혹은 전환되는 소득추정 등에 관해 수많은 연구 결과가 나왔다. 현재까지의 연구는 소득과 환경질 간에 시간의 변화에 따른 사후적(ex post) 관계를 규명하는데 까지 도달하였다. 그러나 정책입안자의 입장에서는 소득수준이 특정 시점까지 도달

하기를 기다리기 보다는 적극적인 정책수단을 이용하여, 환경질의 악화 추세를 되도록 빨리 전환시키기를 노력할 것이다. 그러나 기존의 환경쿠즈네츠 가설 분석결과만 가지고서는 어떤 미시적 요인들(정책에 영향을 받는)이 오염물질의 배출을 줄이거나 증가 추세를 전환시킬 수 있는지에 대해 파악하기 어렵다. 물론 기존의 여러 선행연구에서도 일인당 국민소득 등 거시적인 설명변수 이외에도 인구밀도, 소득격차(Heerink *et al.*, 2001), 국제무역자유도(Cole, 2004) 등 다양한 거시적 변수를 이용하여 환경쿠즈네츠곡선 가설을 유발시키는 요인들을 찾기 위해 노력해 왔다. 이외에도 Lopez and Mitra(2000)와 Chimeli and Branden(2000)은 정치 부패도(정치청명도)를 설명변수에 포함시켰고, Dasgupta *et al.*(2004)는 민주자유도와 거버넌스를 설명변수에 포함시켜 환경쿠즈네츠 곡선의 존재 여부를 확인하고자 노력하였다. 그러나 이러한 미시적 변수들은 환경오염 감축행위를 부패도나 민주자유도 등 정치경제학적인 측면에서 조명한 것이고, 직접적인 환경 거버넌스 측면에서는 해답을 찾지 못했다는 단점이 있다.

Dasgupta *et al.*(2002)의 경우가 미시적 요소가 역 U자형 관계를 설명할 수 있는 중요한 요소임을 발견한 정도다. 이 논문에서는 소득수준이 높아지면 정부의 환경개선 노력이 높아지는데, 이러한 이유를 3가지로 정리하였다. 첫째, 소득수준이 높아지면서 우선적으로 사회에서 건강과 교육에 대한 기본 정부투자가 증가하고 이후에는 환경질 개선에 대한 우선순위가 높아진다. 둘째, 소득수준이 향상되면 정부의 환경감시와 이를 위한 기술, 인력 그리고 예산이 증가한다. 셋째, 소득수준과 교육수준 향상으로 사회가 요구하는 환경기준이 강화되어 정부가 이를 수용하게 된다. 그러나 Dasgupta *et al.*(2002)가 제시한 세 가지 이유에는 소득수준이 증가함에 따라 국민의 환경질 개선 필요성에 대한 인식수준이 함께 제고된다는 가정이 전제되어 있다는 한계가 있다.

이외에 몇몇 논문에서도 인식수준이 환경쿠즈네츠곡선 현상의 중요한 설명요인으로 소개하고 있다(Selden and Song, 1994; Panayotou, 1994; Panayotou, 1997). 그러나 이들 논문의 한계는 Dasgupta *et al.*(2002)와 마찬가지로 소득과 인식수준 간에 정(正)의 관계가 존재할 것이라는 가정 하에 모형을 설명하고 있다는 점이다. Panayotou(1994)는 경제개발이 높은 단계에 도달하면, 경제 구조가 정보집약적인

산업과 서비스 중심으로 변화하는 동시에, 환경 인식이 함께 증가한다고 가정하고 있다. 즉 소득이 증가하면 당연히 인식수준도 함께 증가한다는 점인데, 이는 일인당 국민소득이 유사한 국가라고 하더라도, 환경질에 대한 인식수준에 차이가 날 수 있는 경우를 설명할 수 없는 단점이 있다.

앞서 이런 연구와는 달리 몇몇 연구에서는 소득과 인식수준 간에 정(正)의 상관관계가 존재하지 않는다는 결과도 보여주는 경우도 있다. 예를 들어 선진국과 비교하여 개도국가의 주민들이 지역의 환경에 대해 높은 관심도를 보인다는 연구결과들이 다(Brechin and Kempton(1994), Martinez-Alier(1995), Dunlap and Mertig(1995)). 이 사례는 저개발국가가 환경 이슈에 덜 관심이 있다는 기존 생각을 뒤집어 놓았다. 이 연구결과가 시사하는 바는 비록 선진국가가 더 많은 자원을 이용하여 국가차원의 오염배출 정책을 펼 수 있으나, 개인들의 환경질 개선에 대한 인식이나 개인적 차원의 환경개선 활동 참여는 소득수준과 일대일로 연결되지 않을 수 있다는 점이다(Duroy, 2005). 여기서 실질적인 환경질 개선의 효과를 유발시킬 수 있는 것은 정부의 환경개선 노력을 넘어선 개개인의 인식변화와 이로 인한 개별적 환경개선 노력을 도출해야 가능하다.

이와 더불어, Dunlap and Mertig(1995) 연구에서는 선진국들의 경우, 지역적인 환경이슈 보다는 글로벌한 환경이슈(예를 들어, 기후변화)에 보다 큰 관심을 보이는 반면, 개도국의 경우 지역적인 환경이슈에 보다 큰 관심을 보인다는 점을 밝혀내었다. 통계적 모형을 통해 지역환경질에 관한 관심은 일인당 GNP와 음(陰)의 관계에 있고(저소득국가는 더 강한 음의 관계), 반면 글로벌 환경질에 관한 관심은 일인당 GNP와 양(陽)의 관계에 있다(선진국의 경우 더 강한 양의 관계)는 것을 보여주었다. 이 연구가 시사하는 바는 지역환경질에 관한 부분은 인식 수준이 소득수준과는 독립적으로 환경개선에 영향을 미칠 수 있으며, 글로벌 환경질 부분에 있어서는, 인식 수준이 소득수준에 영향을 받아 환경질을 개선할 것이라는 점이다.

이 가설을 보다 발전시켜 살펴보면, 지역 환경오염물질의 경우, 소득수준이 낮은 상태에서도 환경오염 물질의 배출량 증가폭이 감소하거나 절대적인 배출량이 감소

1) 예를 들어 Panayotou(1997)의 경우, 인식수준을 시간의 변수(t)로 포함시켜서 환경쿠즈네츠 가설을 검증하였다.

할 수 있는 반면, 글로벌 환경오염 물질의 경우, 소득수준이 일정수준 이상이 되어야 인식수준이 변화하고, 추가적으로 정부의 감축정책이 더해지면서 결과적으로 글로벌 환경물질 배출량 증가폭이 감소하거나 절대적인 배출량이 감소할 수 있다.

이 논의를 환경쿠즈네츠 가설과 연계하여 다시 설명해 보면, 지역 환경오염물질의 경우, 오염물질 배출의 증가세가 감소세로 전환되는 시기가 글로벌 환경오염 물질과 비교하여 더 낮은 소득수준에서 발생할 수 있다는 점이다.

이상의 논의를 토대로 본 연구에서는 기존의 거시적 데이터를 이용한 환경쿠즈네츠곡선 모형의 한계를 극복하기 위해 미시적인 데이터인 인식수준을 설명변수로 이용하여 환경쿠즈네츠곡선 분석을 하고자 한다. 만일 인식수준이 환경쿠즈네츠곡선 가설에 중요한 변수인 동시에, 국민의 인식수준이 단순히 소득의 증가에 의해서만 결정되는 것이 아니라면, 정책입안과 시행에 있어, 인식수준의 제고를 위해 소득 증가 이외의 방식을 이용하여, 보다 빨리 환경오염 증가추세를 줄일 수 있을 것이다.

III. 분석 방법론

1. 데이터 분석

본 연구에서는 다음의 두 가지 질문에 대한 검증을 하는 것을 목적으로 한다. 첫째, 인식수준이 환경쿠즈네츠 가설을 설명하는데 중요한 변수인가?, 둘째, 오염물질의 영향이 지역적인지 혹은 지구적인지에 따라 인식수준이 오염물질 배출량에 다르게 영향을 미치는가? (예를 들어, 지역 오염물질의 경우 글로벌 환경오염 물질에 비해서, 더 낮은 소득수준에 배출량의 증가가 감소로 전환될 수 있는가?)

인식수준을 나타내는 미시 변수는 World Value Survey로부터 계산되었다. World Value Survey 중 인식수준의 대리변수로 선택된 문항은 환경인식에 관한 두 번째 질문(B002)으로, “환경오염 물질을 저감하기 위해 환경세를 증가시키는데 동의하느냐?”의 질문에 대해, “강한 부정”, “부정”, “긍정”, “강한 긍정”으로 답변하도록 되어 있다. 해당 설문은 패널데이터로 4개의 시점(wave)³⁾, 71개의 국가를 대상으로

2) “Increase in taxes if used to prevent environmental pollution(B002)”

이루어져 있다. 본 연구는 개별 시점에서의 해당 국가의 전체 답변 중 긍정적으로 답한 대답(“긍정”과 “강한 긍정”)의 비중을 인식수준의 대리변수로 선택하였다. 다시 말해 한 시점(wave)에서 한 국가의 환경오염 개선 필요성에 대한 인식수준은 해당 국가의 국민 중 몇 %가 환경개선을 위해 기꺼이 환경세를 낼 용의가 있는냐로 측정되었다.

오염물질은 대표적인 두 가지 오염 물질이 선택되었는데, 지역적 오염물질로는 이산화황(SO₂)이, 지구적인 오염물질로는 이산화탄소(CO₂)가 선택되었다. 이산화황은 World Resource Institute의 Earth Trends의 자료를 이용하였고, 이산화탄소는 World Bank의 World Development Indicator의 자료를 이용하였다. 소득수준은 World Bank의 World Development Indicator의 일인당 GDP 자료를 이용하였고, 두 오염원이 모두 제조업 부문의 비중과 관련이 있으므로, 2000년 달러로 평가된 GDP 중 제조업의 비중⁴⁾을 포함시켰다. 오염배출량과 일인당 소득수준 간에는 선형, 2차, 3차의 함수관계를 모두 포함시켰으며, 인식수준도 1차 항과 2차 항 모두를 포함시켰다. <표 1>은 위에서 설명한 데이터의 기술적 통계량을 정리하였다.

<표 1> 기술적 통계량

변수	단위	평균	표준편차	최소값	최대값
이산화황	천톤/년	1797.043	4634.639	0.2	34359.5
이산화탄소	천톤/년	5.353	4.894	0.045	25.786
인식수준	%	61.476	12.43.716	26.535	90.850
1인당 GDP	달러(2000년 고정)	7435.1	9974.899	117.811	41243.25
제조업비중	%	32.049	8.955	8.591	66.934

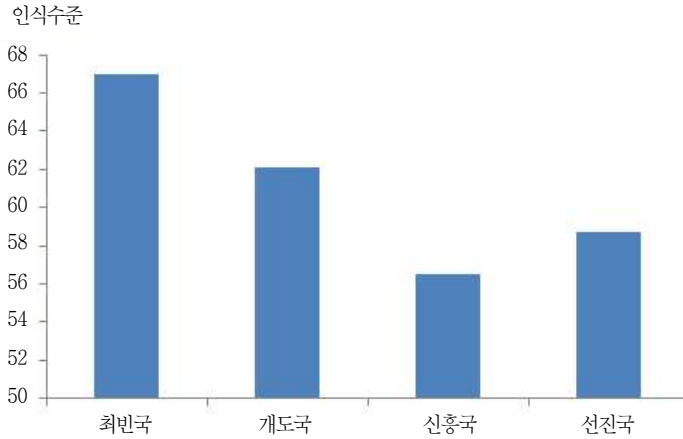
대상이 되는 국가는 70개 국가를 World Bank의 구분에 따라 최빈국(3개국), 개도국(46개국), 신흥국(8개국), 선진국(13개국)으로 나누었다. 만일 인식수준이 소득수준에 주로 영향을 받는다면, 소득수준과 인식수준의 정(正)의 상관관계를 갖는다.

3) 4개의 시점(wave) 중 첫 번째는 1989~1994년, 두 번째는 1995~1999년, 세 번째는 1999~2004년, 네 번째는 2005~2007년이다.

4) World Bank의 World Development Indicator.

그러나 <그림 1>의 결과를 보면, 인식수준과 소득수준은 예상과 일치하지 않는다. <그림 1>은 국가 구분(최빈국, 개도국, 신흥국, 선진국) 별로 인식수준을 나타낸다. 여기서 인식수준은 연도 및 국가 범주 내의 평균치다.

<그림 1> 인식수준과 소득수준간의 관계



<그림 1>에서 보는 바와 같이, 인식수준이 최빈국에서 가장 높게 나타나고, 개도국에서 신흥국으로 이동할수록 감소하다가 선진국으로 가면 다시 회복하는 결과를 보여주고 있다. 이러한 결과는 인식수준이 소득수준과 정(正)의 상관관계를 보인다는 가정과 부합하지 않으며, 오히려 소득수준이 낮은 국가일수록 인식수준도 높다는 결과를 나타내 준다.

2. 모형 구축

인식수준을 포함한 오염물질과 소득간의 관계를 구하는 환경쿠즈네츠 모형의 구성은 다음과 같다.

$$P_{it} = \alpha_i + \beta_1 \text{aware}_{it} + \beta_2 \text{aware}_{it}^2 + \beta_3 y_{it} + \beta_4 y_{it}^2 + \beta_5 y_{it}^3 + \beta_6 \text{industry}_{it} + u_{it} \quad (1)$$

5) 인식수준과 소득수준 간의 교차항(aware_y)을 포함시켜 계량분석한 결과, 이산화황과 이산화탄소 모두에서 통계적으로 유의미한 값을 갖지 않아 모형에서 제외하였다.

여기서, P 는 오염물질 배출량(SO_2 혹은 CO_2), $aware$ 는 환경인식수준⁶⁾, y 는 1인당 GDP, $industry$ 는 GDP에서 제조업이 차지하는 비중, i 는 국가, t 는 wave를 나타낸다. α_i 에서 하첨자 i 는 식 (1)이 고정효과모형(Fixed effect model)을 이용하여 추정하는 것을 나타낸다. 즉 α_i 는 특정한 확률분포를 따르지 않으며, 국가별로 고정된 모수를 가지는 것으로 가정한다. 특히 Hausman Test를 통해 두 가지 오염 물질 모두에서 확률효과모형에 비해 고정효과모형이 더 적합한 것으로 나타났다.⁷⁾ 또한 인식수준과 1인당 소득 간에 다중공선성(Multicollinearity) 테스트 결과, 통계적으로 유의한 결과가 나오지 않아 두 독립변수를 모두 사용하였다. ⁸⁾ 이분산 문제는 GLS를 이용한 Likelihood Ratio Test 결과 두 가지 모든 오염물질에 대해서 “이분산이 존재하지 않는다.”는 귀무가설을 채택하였다⁹⁾. 마지막으로 모형의 추정은 STATA 프로그램 패키지를 이용하였다.

본 연구에서는 식 (1)을 통해 오염배출량과 1인당 소득간의 관계뿐만 아니라 오염배출량과 인식수준 간의 관계도 검증할 수 있다. <표 2>은 식 (1)의 파라미터에

<표 2> 추정 결과에 대한 가설

파라미터의 부호	설명
$\beta_3 > 0, \beta_4 = 0$ 이고 $\beta_5 = 0$	소득에 대한 오염물질의 선형단조증가함수
$\beta_3 < 0, \beta_4 = 0$ 이고 $\beta_5 = 0$	소득에 대한 오염물질의 선형단조감소함수
$\beta_3 > 0, \beta_4 < 0$ 이고 $\beta_5 = 0$	소득에 대한 오염물질의 2차 형태의 환경쿠즈네츠곡선
$\beta_3 > 0, \beta_4 < 0$ 이고 $\beta_5 > 0$	소득에 대한 오염물질의 3차 형태의 환경쿠즈네츠곡선
$\beta_1 > 0, \beta_2 = 0$	인식수준에 대한 오염물질의 선형단조증가함수
$\beta_1 < 0, \beta_2 = 0$	인식수준에 대한 오염물질의 선형단조감소함수
$\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$	인식수준에 대한 오염물질의 2차 함수

6) $1 \leq \beta_1 \leq 100$

7) Hausman Test 결과 고정효과모형과 확률효과 모형의 추정량들이 크게 다르지 않다는 귀무가설은 두 오염물질 모두에서 기각되었다.(자유도는 모두 3이며, SO_2 의 $\chi^2=14.17$, CO_2 의 $\chi^2=17.68$)

8) 인식수준과 1인당 GDP 간의 VIF(variance inflation factor)=1.1384408, tolerance=0.8783944임. Myers (1990)의 주장(VIF 값이 10이상이거나, Tolerance 값이 0.1 이하이면, 다중공선성 문제가 발생)을 바탕으로, 두 개의 변수 간에는 통계적으로 다중공선성 문제가 발생하지 않는 것으로 판단하였다.

9) 이산화황의 LR $\chi^2=-393.67$, P-value=1.0, 이산화탄소의 LR $\chi^2=-127.68$, P-value=1.0이다.

대한 부호와 이의 해석을 통한 오염물질과 일인당 소득 그리고 오염물질과 인식수준간의 가능한 관계를 정리한 것이다.

IV. 분석 결과

본 연구에서는 모형의 설명력을 높이기 위해 세 가지 모형으로 나누어 분석하였다. 첫 번째 모형은 식 (1)의 전체 모형이며(모형1), 두 번째 모형은 식 (1)에서 인식수준에 관한 모든 독립변수(aware와 aware²)를 제외한 모형(모형2)이고, 세 번째 모형은 식 (1)에서 aware²만을 제외하여 인식수준(aware)과 오염배출량 간에 선형관계만 존재한다고 가정한 모형(모형3)이다.

1. 이산화황(SO₂)의 실증결과

첫 번째 분석결과는 지역적 오염물질인 이산화황의 환경쿠르즈네츠 곡선에 관한 결과이다. 분석결과는 <표 3>에 정리되어 있다.

<표 3> SO₂ 분석 결과

	모형1	모형2	모형3
상수(α_i)	-9,347.20**	-3,023.79*	-10,360.61*
aware(β_1)	-75.70	-	-35.59**
aware ² (β_2)	0.32	-	-
GDP(β_3)	3.25*	1.03*	3.23*
GDP ² (β_4)	-0.00017*	-0.00043*	-0.00017*
GDP ³ (β_5)	2.62e ⁻⁰⁹ *	5.12e ⁻¹⁰ *	2.61e ⁻⁰⁹ *
Industry(β_6)	220.53*	53.53*	217.65*
R ²	0.38	0.14	0.38
전환점 소득	(a) 13,443.60 (b) 30,780.32	(a) 17,708.84 (b) 37,759.91	(a) 13,389.72 (b) 30,850.39

주: *는 추정치가 5%, **는 추정치가 10%의 유의수준에서 유의성이 존재함을 나타낸다.

첫째, 인식수준을 제외한 모형2와 인식수준을 포함한 모형1과 3을 비교해 보면, 인식수준을 포함한 경우, 모형의 설명력($R^2=0.14$ (모형2) 대비 $R^2=0.38$ (모형1, 3))이 올라간 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 인식수준은 환경쿠즈네츠곡선 가설을 설명 하는데 중요한 설명변수임을 확인 할 수 있다.

둘째, 모형1과 모형3 모두 $R^2=0.38$ 이지만, 모형1의 경우 인식수준의 1차항의 추정치(β_1)와 2차항의 추정치(β_2)가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타난 반면, 모형3의 인식수준의 1차항의 추정치(β_1)는 유의수준 10%에서 유의하다. 따라서 모형3의 추정치로부터($\beta_1 < 0, \beta_2 = 0$), 이산화황은 인식수준에 대해 선형단순감소함 수임을 확인할 수 있다. 이는 이산화황과 같이 배출오염으로 인한 피해를 쉽게 인지할 수 있는 경우에는 비록 소득수준이 낮다 하더라도 즉시에서 배출량 감소효과가 나타날 수 있다는 점을 시사한다.

셋째, 모형3에 나타난 바와 같이 이산화황과 일인당 국민소득 간에는 환경쿠즈네츠곡선 가설이 성립하며 3차 항까지 포함하는 것이 적당함을 알 수 있다($\beta_3 > 0, \beta_4 < 0$ 그리고 $\beta_5 > 0$ 이며, 모든 추정치가 통계적으로 유의). 즉, 이산화황 배출량과 일인당 국민소득 간에는 변곡점이 두 개 존재하며, 이산화황의 배출량은 일인당 국민소득이 증가하면서 일정 시점까지 증가하다가 전환시점 이후 감소하기 시작하고 이후 다시 증가하는 형태의 3차 함수 형태가 가장 적당한 설명 모형임을 알 수 있다. 이는 기존의 환경쿠즈네츠곡선 가설 모형에서 여러 번 확인된 내용이다(de Bruyn and Opschoor, 1997, Dasgupta et al, 2002).

넷째, 모형2와 같이 인식수준을 모형에서 제외한 경우, 배출량이 증가에서 감소로 전환되는 소득수준 그리고 감소에서 증가로 전환되는 소득 수준 모두 과대 추정될 수 있다는 것을 확인 할 수 있다. 예를 들어 인식수준을 제외한 경우(모형2) 전환되는 소득수준¹⁰⁾이 (a) 17,708.84/(b) 37,759.91달러인데 반해, 인식수준을 포함한 경우에는 전환되는 소득이 최소 (a) 13,389.72/(b) 30,850.39(모형3)에서 최대 (a) 13,443.60/(b) 30,780.32달러(모형1)로 나타났다. 이와 같은 모형2에서 전환되는 소득 수준이

10) 전환소득은 $\frac{-2\beta_4 \pm \sqrt{(2\beta_4)^2 - 4(3\beta_5)(\beta_3)}}{2(3\beta_5)}$ 로 계산되며, 증가에서 감소로 전환되는 소득수준을 (a)로, 감소에서 증가로 전환되는 소득수준을 (b)로 나타내었다.

과대평가되는 문제가 발생하는 이유는 소득수준과 독립적으로 이산화황 배출량 감축을 유발하는 인식의 절감효과를 간과하였기 때문이다. 이산화황의 배출량과 인식수준 간의 관계에서는 소득수준이 낮은 상황에서도 이산화황 배출량 절감 효과가 나타나는데(인식수준과 이산화황 배출 간 선형감소관계임을 참조), 이러한 인식과 관련한 절감효과를 제외할 경우, 전환되는 소득수준은 과장되어 나타날 수가 있다.

결론적으로 인식수준을 포함한 경우, 환경쿠르즈네즈곡선의 설명력을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 전환점이 과대 추정되는 문제를 해결할 수 있는 장점이 있음을 확인할 수 있다.

2. 이산화탄소(CO₂)의 실증결과

이번에는 오염물질 중 글로벌한 영향을 미치는 오염물질인 이산화탄소(CO₂)의 경우를 살펴보도록 한다. 분석결과는 <표 4>과 같다.

<표 4> CO₂ 분석 결과

	모형1	모형2	모형3
상수(α_i)	-3.78*	-0.89*	-2.56*
aware(β_1)	0.07*	-	0.02*
aware ² (β_2)	-0.0005**	-	-
GDP(β_3)	0.0013*	0.0010*	0.0013*
GDP ² (β_4)	-4.63e ⁻⁰⁸ *	-3.80e ⁻⁰⁸ *	-4.71e ⁻⁰⁸ *
GDP ³ (β_5)	5.36e ⁻¹³ *	4.59e ⁻¹³ *	5.45e ⁻¹³ *
Industry(β_6)	0.048*	0.078*	0.047*
R ²	0.57	0.37	0.56
전환점 소득	(a) 25,407.09 (b) 32,179.98	(a) 24,458.56 (b) 30,733.89	(a) 26,175.42 (b) 31,439.26

주: *는 추정치가 5%, **는 추정치가 10%의 유의수준에서 유의성이 존재함을 나타낸다.

첫째, 인식수준을 제외한 모형2와 인식수준을 포함한 모형1과 3을 비교해 보면, 인식수준을 포함한 경우, 모형의 설명력(R²=0.37(모형2) 대비 R²=0.57(모형1), R²=56

(모형3))이 올라간 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 인식수준은 환경쿠즈네츠곡선 가설을 설명하는 데 중요한 설명변수임을 이산화탄소인 경우에도 다시 한 번 확인할 수 있다.

둘째, 모형1과 모형3의 추정치들이 모두 유의한 것으로 나타났지만 인식수준의 2차 항(aware²)을 제외한 모형 3의 R² 값(0.56)이 모형 1(R²=0.57)에 비해 적기 때문에 보다 적합한 모형은 모형 1인 것으로 판단된다. 모형1의 경우 $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ 로 나타났고(역U자형) 이는 이산화탄소와 같은 지구적인 오염물질의 경우에는 인식수준이 증가하더라도 이산화탄소 배출량은 감소하기보다는 오히려 증가하며, 인식수준이 어느 수준에 도달한 이후에야 이산화탄소 배출량이 감소로 전환된다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 인식수준과 지구적 오염배출량 간의 관계는 기존의 환경쿠즈네츠 곡선에서 일인당 국민소득과 오염배출량 간의 역U자형 관계와 매우 유사한 패턴을 보인다. 특히 기존 환경쿠즈네츠 곡선에서 소득수준이 증가함에 따라 오염배출량이 감소로 전환되는 소득수준이 존재하듯이, 인식수준이 증가함에 따라 지구적 오염배출량이 감소로 전환되는 인식수준이 존재한다. 모형1로부터 오염배출량이 감소로 전환되는 인식수준은 77.46¹¹⁾이며, 이는 특정 국가의 국민 중 77.46%가 소득 일부를 세금으로 내면서까지 환경질 개선을 요구할 때 비로소 지구적 오염배출량이 감소로 전환된다고 해석할 수 있다.

셋째, 모형 1로부터 앞선 이산화탄소의 경우와 마찬가지로 일인당 국민소득과 이산화탄소 배출량 간에는 환경쿠즈네츠곡선 가설이 성립함을 확인할 수 있다($\beta_3 > 0$, $\beta_4 < 0$). 이와 더불어 이산화탄소와 일인당 국민소득 간에는 3차 함수의 관계가 존재함을 이산화탄소에서와 마찬가지로 이산화탄소의 경우에도 확인할 수 있다. 이는 세 모형 모두에서 GDP의 3차 항의 파라미터인 $\beta_5 > 0$ 인 동시에 통계적으로 유의미한 값을 나타내고 있는 것으로 확인할 수 있다

넷째, 인식수준을 제외한 경우, 이산화탄소의 경우 ‘과대 추정’되는 것과 달리 이산화탄소의 경우 배출량이 전환되는 소득수준이 ‘과소 추정’될 수 있다. 예를 들어 인식수

11) 전환되는 인식수준은 $-\frac{\beta_1}{2\beta_2}$ 로 계산된다.

준을 모형에서 제외할 경우에 전환되는 소득수준이 (a) 24,458.56/(b)30,733.89달러 (모형2)인데 반해, 인식수준을 포함한 경우 전환되는 소득이 최소 (a) 25,407.09/(b) 32,179.98달러(모형1)에서 최대 (a) 26,175.42/(b) 31,439.26달러(모형3)인 것으로 나타났다. 이러한 과소추정이 문제가 발생하는 원인은 인식수준과 이산화탄소간에 역 U자형 관계가 존재함에 불구하고 이를 고려하지 않았기 때문이다. 다시 말해 낮은 소득수준에서는 인식수준과 함께 이산화탄소 배출량도 함께 증가하기 때문에 인식수준을 모형에서 제외할 경우 전환되는 소득수준이 과소 추정될 수 있다.

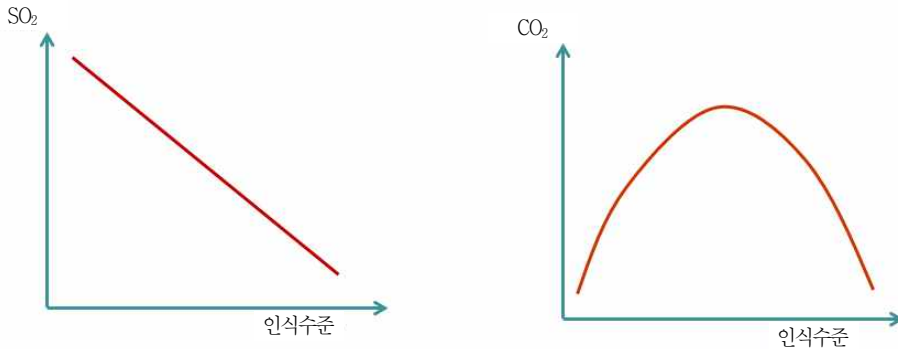
3. 이산화황(SO₂)과 이산화탄소(CO₂)의 실증 결과 비교

환경오염물질의 영향이 지역적 혹은 지구적이냐에 따라 해당 오염물질에 대응하는 전환되는 소득수준에 차이가 발생한다. 본 연구에서 얻은 추정치에 따르면 이산화황의 경우(<표3>의 모형3), 전환되는 소득 수준이 (a) 13,389.72/(b) 30,850.39달러이었던 반면, 이산화탄소의 경우(<표4>의 모형1), 전환되는 소득 수준이 (a) 25,407.09/(b) 32,179.98달러였다. 즉, 글로벌한 오염물질의 경우, 지역적인 오염물질에 비해 더 높은 소득수준에서 배출량이 증가에서 감소로 그리고 감소에서 증가로 전환된다. 기존 논문들에서도 오염물질 차이에 따른 전환소득 수준의 차이는 이미 확인된 바 있다. 예를 들어 OECD 10개 국가를 대상으로 환경쿠즈네츠곡선 여부를 검증한 김정인 외(1999)에 따르면, 이산화탄소의 경우 배출량이 감소세로 전환되는 소득 수준이 18,791~21,874달러인 반면 이산화황의 경우 전환 소득수준이 17,714~20,421달러로 추정되어 이산화황의 전환 소득수준이 분명히 이산화탄소에 비해 낮은 것을 확인할 수 있다.¹²⁾ 그러나 기존의 논문에서 사용된 거시적인 데이터를 이용해서는 이와 같은 오염물질의 종류에 따른 전환소득 수준의 차이를 설명할 수 없었다. 그러나 본 연구에서는 인식수준을 모형에 포함시킴으로써 이러한 전환 소득 수준의 차이가 오염물질의 종류에 따른 인식수준이 오염물질 배출량에 미치는 영향의 차이라는 것을 밝혀냈다. 앞서 <표 3>에서 설명한 바와 같이 이산화황 등

12) 김정인 외(1999)에서 추정된 전환 소득 수준은 본 연구와 달리 최소자승법을 통해 얻어진 것이다. 이는 김정인 외(1999)에서의 환경쿠즈네츠곡선 모형은 고정효과모형, 확률효과모형의 추정량이 모두 유의하지 않고, 최소자승법의 경우에만 통계적으로 유의하였기 때문이다.

오염물질의 피해를 쉽게 인식할 수 있는 경우에는 오염물질 배출량과 인식 간에 즉각적인 반비례관계가 성립하였다. (<표 3>에서 이산화황의 인식변수에 대한 추정계수는 -75.70) 반면, <표 4>의 이산화탄소의 인식변수에 대한 추정계수($\beta_2 = 0.07$, $\beta_3 = -0.0005$)를 보면, 인식수준이 이산화탄소에 미치는 영향이 적을 뿐만 아니라, 이산화탄소와 인식수준 간에는 역U자형의 관계에 있다는 것을 알 수 있다. 이는 이산화탄소 등 지구적 오염물질은 배출지역과 피해지역이 일치하지 않을 수 있고, 그 피해를 쉽게 인식하기 어렵다. 따라서 소득 수준이 올라가도 인식수준이 어느 수준 이상으로 넘기까지는(본 연구에서의 추정치는 77.46) 지속적으로 지구적 오염물질의 배출량이 증가하는 것을 확인하였다. 이를 다시 생각해보면, 현재 전세계적인 평균 인식 수준은 61.476%(<표 1>의 인식수준의 평균치)인데, 일국 국민의 77.46% 이상이 지구적 오염물질의 감축을 동의할 때(본 보고서에서는 환경세 도입에 찬성하는 비율), 지구적 오염물질이 증가에서 감소로 전환된다고 해석할 수 있다. 따라서 이러한 오염물질의 종류에 따른 인식수준과 오염물질의 배출량 간에 반응관계의 차이가 배출량이 감소세로 전환되는 소득수준의 차이를 발생시킨다는 것을 확인할 수 있다(<그림 2>참조).

<그림 2> 오염물질과 인식수준 간의 관계



V. 시사점 및 한계

본 연구는 첫째, 기존 논문에서 다루지 않았던 인식수준이 환경쿠즈네츠 곡선 가설을 설명함에 있어 매우 중요한 설명변수임을 확인하였다. 특히 지역적인 오염물질 배출량과 지구적인 오염물질 배출량 모두에 대해서 인식수준이 환경쿠즈네츠 곡선 모형의 설명력을 높일 수 있으며, 보다 정밀한 전환점 추정이 가능하게 만드는 설명변수임이 확인하였다.

둘째, 인식수준을 모형에서 배제할 경우, 오염물질의 배출량이 감소세로 전환되는 소득수준이 과대(SO₂의 사례) 혹은 과소(CO₂의 사례) 추정될 수 있음을 확인하였다. 특히 제조업을 중심으로 경제성장의 박차를 가하고 있는 개발도상국의 경우 어느 소득수준에서 현재의 오염물질 배출량의 증가세가 감소세로 전환되는지를 정확하게 예측하는 것이 중요하다. 증가세를 감소세로 조기에 전환시키려 하는 각국 정부의 입장에서는 정책의 도입시기와 시행기간을 정확한 전환시기 예측에 바탕을 두고 결정하려 할 것이다. 따라서 앞으로 배출량의 전환 소득수준 예측모형에 미시적 요소인 인식수준을 꼭 고려해야 할 것이다.

셋째, 오염배출물질의 영향이 지역적인지 혹은 글로벌한지에 따라 오염물질의 배출이 감소로 전환되는 소득수준에 차이가 발생하며, 이러한 차이를 발생시키는 요인은 인식수준이 오염물질 배출 감축에 미치는 영향이 상이하기 때문이라는 점을 발견하였다.

본 연구결과로부터 어떠한 정책적 시사점을 얻을 수 있을 것인가? 첫째, 정부는 환경질 개선을 위한 정책구성에서 국민의 녹색생활인식 제고가 매우 중요한 요소임을 잊지 말아야 한다. 특히 최근 소득수준이 빠르게 증가하는 개도국의 경우 정부가 국민의 환경의식을 효과적으로 제고하지 못할 경우, 오염물질의 증가추세를 효과적으로 제어하기 어려울 가능성이 높다.

둘째, 정부는 최근 가장 중요한 이슈로 부각되고 있는 기후변화 문제를 해결하기 위한 정책대응에 있어, 온실가스 배출량 증가세를 감소세로 전환하기 위해서는 국민의 의식제고에 더 많은 노력이 필요하며, 인내심을 가지고 지속적인 노력이 필요할 것이다. 본 보고서에서 확인되었듯이 이산화탄소 배출량의 경우 국민의 77% 이

상이 온실가스 절감의 필요성을 인식하기까지 이산화탄소 배출량이 지속적으로 증가하였다. 따라서 기후변화와 같이 온실가스 배출 지역과 그 피해지역이 상이하거나 온실가스 배출량과 기후변화와의 관계가 명확하게 국민에게 인식되기 어려운 경우에는 정부가 교육 및 홍보에서 더 많은 노력을 통해 국민의 인식수준을 제고하기 위해 노력해야 할 것이다.

마지막으로, 본 연구에서 이용한 인식수준의 대리변수로 환경세 수용 여부를 사용한 것은 분명히 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 다음의 몇 가지 이유에서 이를 사용하였다. 첫째, 전세계 국가를 대상으로 환경분야 인식에 관한 데이터 중 World Value Survey(WVS)의 환경세 분야의 데이터가 유일하게 포함국가 수, 데이터 수집 년도 등에서 통계적으로 유의미한 데이터 포인트를 가지고 있는 대안이다. 둘째, 이미 여러 논문에서 WVS의 환경세 수용 여부를 환경인식을 나타내는 데이터로 이용하였다. 셋째, World Value Survey의 다른 환경 인식과 관련된 항목들에 비해, 환경세는 지역적, 국제적 환경정책을 모두 포함한다고 판단하였다. 넷째, 환경세는 다른 정책 대안들(배출권거래제도 등)에 비해, 개도국을 포함한 대부분의 국가의 피질문자가 답변하기에 익숙한 정책적 대안(세금이라는 점에서)이라는 점에서 이를 환경 인식수준을 나타내는 대리변수로 선택하였다. 향후에 객관적인 환경 인식수준을 나타내는 다른 변수가 개발될 경우, 이를 이용한 심도 깊은 연구가 진행되기를 희망한다.

[참고문헌]

1. 김정인, 김진욱, 박창원, “주요 OECD 국가의 환경쿠르즈네츠곡선 검증”, 『환경경제연구』 제8권 제1호, 1999. 8.
2. Andreoni, J, “Impure Altruism and Donation to Public Goods: a Theory of Warm-Glow Giving,” *Economic Journal*, 100(402), 1990, pp. 464-477
3. Andreoni, J. and A. Levinson, *The Simple Analytics of the Environmental Kuznets*

- Curve*, NBER Working Paper, No. 6739, 1998.
4. Becker, G. S., "A theory of social interaction," *Journal of Political Economy*, 82, 1974, pp. 1063~1093.
 5. Brechin, S. R. and K. Willett, "Global Environmentalism: A Challenge to the postmaterialism Thesis," *Social Science Quarterly* 75:2, 1994, pp. 245~269.
 6. Chimeli, A. B. and J. B. Branden, "Total factor productivity and the environmental Kuznets curve," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 49, 2000, pp. 366~380.
 7. Cole, M. A., "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages," *Ecological Economics*, Vol. 48, 2004, pp. 71~81.
 8. Dasgupta, S., B. Laplante, H. Wang, and D. Wheeler, "Confronting the Environmental Kuznets Curve," *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 16, No. 1. 2002, pp. 147~168.
 9. Dasgupta, S., K. Hamilton, K. Pandey, and D. Wheeler, *Air Pollution During Growth: Accounting for Governance and Vulnerability*, World Bank Policy Research Working Paper, 3383, 2004. 8.
 10. de Bruyn, S. M., J.C.J.M. van den Bergh, and J. B. Opschoor, "Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves," *Ecological Economics* Vol. 25, 1998, pp. 161~175.
 11. Dunlap, Rachel E. and Angela G. Mertig, "Global Concern for the Environment: Is Affluence a Prerequisite?," *Journal of Social Issues*, 51(4), 1995, pp. 121~137.
 12. Duroy, Quentin M., "The determinants of Environmental Awareness and Behavior," *Rensselaer Working Papers in Economics*, 2005. #0501.
 13. Galeotti, M. and A. Lanza, *Desperately Seeking (Environmental) Kuznets*, Mimeo, IEA, 1999.
 14. Grossman, Gene M. and Alan B. Kruger, "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement," Woodrow Wilson School, Princeton University, Discussion Paper, 1991, No. 158.
 15. Heerink, N., A. Mulatu, and E. Bulte, "Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curves," *Ecological Economics*, Vol. 38. 2001, pp. 359~367.

16. Hettige, H., M. Mani, and D. Wheeler, "Industrial Pollution in Economic Development: Kuznets Revisited," *Journal of Public Economics*, Vol. 57, 1995, pp. 85~101.
17. Lopez, R. and S. Mitra, "Corruption, Pollution, and the Kuznets Environment Curve," *Journal of Environmental Economics and Management* Vol. 40, 2000, pp. 137~150.
18. Martinez-Alier and Juan, "The Environment as a Luxury Good or Too Poor to be Green?," *Economie Appliquée*, 48(2), 1995, pp. 215~230.
19. Myers, R. H., *Classical and Modern Regression with Application*, PWS-Kent Publishing Company, 1990.
20. Panayotou, T., "Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool," *Environmental and Development Economics*, 2(4), 1997, pp. 465~484.
21. Panayotou, T., "Conservation of Biodiversity and Economic Development: The Concept of Transferable Development Rights," *Environmental and Resource Economics*, 4, 1994, pp. 91~110.
22. Schmacher, I., "The Dynamics of Environmentalism and the Environment," *Ecological Economics*, 68(11), 2009, pp. 2842~2849.
23. Selden, M. Thomas, and S. Daquig, "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?," *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 1994, pp. 147~162.
24. Torras, M. and J. K. Boyce, "Income, Inequality and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve," *Ecological Economics*, Vol. 25, 1998, pp.147~160.