

비정태적 패널자료를 이용한 환경 쿠즈네츠가설에 대한 실증분석

— OECD 17개국 사례분석 —

조상섭* · 강신원** · 김동엽***

〈차 례〉

- | | |
|----------------------|--------------|
| I. 서 론 | III. 실증분석 결과 |
| II. 기존 연구 및 실증분석 방법론 | IV. 결론 및 시사점 |

I. 서 론

환경오염과 경제성장은 일정기간 동안 같은 방향으로 움직이다가 어느 일정 시점부터는 서로 다른 방향으로 움직인다는 환경 쿠즈네츠 곡선(environmental Kuznets curve: EKC)가설이 통설로 되어 있다. 환경문제와 경제성장 또는 경

* 한국전자통신연구원.
** 한국전자통신연구원.
*** 경희대학교 경제통상학부.

제발전관계에서 EKC 중요성은 우리 나라를 비롯한 전세계적인 관심 사항이다. 즉, 지속적인 경제성장에 대한 규범적 토대를 제공할 수 있기 때문이다. 따라서 1990년대에 들어서 세계은행(1992)에서 발전과 환경이라는 문제점을 제기한 이래 Grossman and Krueger (1994), Shafik and Bandyopadhyay (1992), Selden and Song (1994), Panayotou (1993) 그리고 최근에 Stern and Common (2001) 등이 이 문제를 분석하였다.

그러나 이러한 연구들은 다음과 같은 문제점을 내포하고 있다. 첫째, 사용하고 있는 자료가 이질적인 관측단위로 구성되어 있다는 점이다. 즉, 각 나라간에 특성을 고려하고 있지 않다는 점이다. 둘째, 보다 중요한 문제점은 환경오염과 경제성장관계에 대한 추정을 의사회귀(spurious regression) 관계추정으로 볼 수 있다.¹⁾ 즉, 서로간에 비정태적인 변수를 단순 회귀추정할 경우 발생하는 문제점으로 볼 수 있다. 이런 경우 발생하는 분석오류는 편기(bias)된 추정량을 가지고 미래를 예측하는 오류를 범하게 된다.

최근 비정태적 자료에 대한 연구가 활발히 논의되고 있다. 특히 패널 자료를 이용한 실증분석은 Hsiao (1986)가 지적한 바와 같이 여러 면에서 장점을 갖고 있으며, 특히 경제 및 여타 분야에서 사용되는 자료인 경우 비정태적 성질을 검증하고 변수간에 관계를 추정하는 기법을 Levin and Lin (1992), Im, Perseran and Shin (1997), Phillips and Moon (2000), Banerjee (1999) 그리고 Baltagi and Kao (2000) 등이 제시하고 있다.

본 연구에서는 두 가지 중요한 문제점을 극복하는 관점에서 최근 비정태적 패널 추정기법을 사용하여 EKC가설을 검증하고 우리 나라 전환점을 예측하여 보았다. 이러한 분석을 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 순차적 단계를 거쳐 분석을 진행하였다. ① 과연 분석 대상 변수인 CO₂분출량과 일인당 국민소득은 정태적인지 비정태적인지를 알기 위하여 패널 단위근 검증을 실시하였다. ② 두 변수 사이에는 공적분관계가 존재하는지에 대한 검증을 패널 공적분기법을 사

1) 자료에서 발생하는 비정태성(non-stationarity) 문제는 ① 의사 상관관계(spurious correlation)와 ② 의사 회귀분석(spurious regression) 문제점을 수반할 수 있다.

용하여 검증하였다. ③ 만일 공적분관계가 발견되는 경우 공적분 회귀방정식에서 공적분계수를 패널 공적분 추정기법을 사용하여 추정하였다. ④ 추정된 공적분계수를 이용하여 환경 쿠즈네츠 전환점(turning point)에 수준을 예측하였다.

본 연구 분석결과는 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 환경오염량과 경제성장을 나타내는 대리변수인 일인당 GDP는 ISP(Im, Pearson and Shin model) 패널 단위근 검정 결과 비정태적일 가능성이 높은 변수로 확인되었다. 둘째, 그럼에도 두 변수간에 패널 공적분 관계가 확인되었다. 따라서 비정태성이 있는 두 변수는 최근에 도입된 패널 공적분 계수추정기법을 이용하여 추정될 수 있었다. 마지막으로 패널 공적분 추정방법 중 OLS 편기 추정기법과 DOLS기법을 사용하여 공적분계수를 추정하였으며, 추정된 계수를 이용하여 환경 쿠즈네츠 전환점을 예측한 결과 추정방법에 따라 일인당 GDP수준이 1만 7,331달러에서 6만 6,934달러 수준에서 결정되었다.

본 연구의 순서는 다음과 같다. 먼저 제Ⅱ절에서는 기존에 수행된 EKC가설 검증연구를 간단히 살펴보았다. 또한 본 연구에서 사용하고 있는 비정태적 패널기법을 간략하게 소개하였다. 제Ⅲ절에서는 17개 OECD국가의 1980년에서 1997년까지 패널 자료를 이용하여 실증분석 및 예측을 실시하였다. 마지막으로 제Ⅳ절에서는 요약 및 본 연구 시사점을 도출하였다.

Ⅱ. 기존 연구 및 실증분석 방법론

본 절에서는 KEC에 대한 기존 연구를 살펴보고 기존에 사용된 실증분석 결과를 알아보았으며, 다음 절에서 사용하게 될 분석기법을 간단히 소개하였다.

1. 기존 연구결과

환경 쿠즈네츠가설이 제시하는 환경오염과 경제성장과의 관계를 실증적 관점에서 분석한 대다수 연구들은 다음과 같은 두 변수간에 함수 설정을 이용하고 있다.

$$Y_{i,t} = \alpha_i + X_{i,t}\beta_1 + X_{i,t}^2\beta_2 + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

여기서 $Y_{i,t}$ 는 환경오염량을 나타내는 변수들인데, 기존 연구에서는 SO₂, CO₂ 배출량 등을 나타낸다. $X_{i,t}$ 는 국가 성장 또는 발전 정도를 나타내는 일인당 국민소득을 나타낸다.²⁾

기존 연구들 중 대표적인 몇 가지를 소개하면 다음과 같다. 먼저 Grossman and Krueger (1994)는 멕시코 환경문제와 NAFTA 간의 관계를 조사하는 방법으로 SO₂ 및 SPM 등을 환경오염변수로 이용하여 1977년에서 1988년까지의 도시별 자료로 EKC를 추정하였다. Shafik and Bandyopadhyay (1992)는 10개의 서로 다른 환경오염을 나타내는 변수를 이용하여 1960년에서 1990년까지 108개국을 대상으로 연구하였다. 또한 Selden and Song (1994)은 네 가지 대기오염량을 나타내는 변수를 이용하여 30개국을 대상으로 연구하였다. 세계은행에서 발행하는 중요한 환경 보고서에 근간이 된 Panayotou (1993) 연구도 주목할 만하다.

이 밖에도 여러 연구들이 있으나 본 연구목적에 맞는 연구의 중요한 변수들만 정리한 것이 <표 1>에 요약되어 있다.

기존 연구는 <표 1>에서 보듯이 기존 EKC 실증분석들에서 다음과 같은 분석특징을 발견할 수 있다. 첫째, 환경오염을 나타내는 변수가 서로 상이하다는

2) 이 경우 대다수 연구가 로그 변환 자료를 사용한다.

〈표 1〉 기존 연구결과

기존 연구결과	사용변수	전환기 소득수준(달러)
Grossman and Krueger (1994)	SO ₂ , SPM	4,000~5,000
Shafik and Bandyopadhyay (1992)	물 청정도, SO ₂ , CO	3,000~4,000
Selden and Song (1994)	SO ₂ , NO, SPM, CO	사용변수에 따라 5,000~11,200
Panayotou (1993)	SO ₂ , NO, SPM	3,000~5,500
Cropper and Griffiths (1994)	산림황폐화정도지수	4,700~5,400
Stern and Common (2001)	황	101,166

점이다. 둘째, 분석기간 및 단일 국가를 상대로 분석한 것과 여러 국가를 상대로 분석한 결과가 서로 다르다는 점이다. 즉, 사용자료가 횡단면 자료를 사용한 것과 시계열자료를 사용한 경우가 혼재되고 있다는 점이다. 셋째, 전통적인 패널자료 분석을 시도한 경우도 있다. 이 경우에도 분석기간과 대상국가에 따라 분석결과가 다르게 나타나고 있다.

이미 Stern and Common (2001)에서 지적했듯이 기존 연구가 가지는 한계는 다음과 같다. 첫째, 환경오염량을 나타내는 변수와 일인당 국민소득은 비정태적일 가능성이 있다.³⁾ 둘째, 비정태적 변수간에 공적분 관계를 형성하지 않을 수 있다. 셋째, 이런 경우 추정치는 대표본인 경우에도 일치성을 보장하지 않는다.

2. 실증분석 방법론

본 연구에서는 이러한 실증분석상의 문제점을 해결하기 위해서 최근에 개발된 비정태적 패널기법을 이용하였다. 본 연구에서 사용된 분석기법은 다음과 같다.

3) Perman and Stern (1999)은 KEC에서 사용된 변수들이 I(1)임을 설명하고 있다.

1) 패널 단위근 검증

패널 단위근 검증(Im, Pesaran and Shin model: IPS)을 통하여 사용자료 비정태성을 분석하는 가장 보편적인 기법이 IPS (1997)이다. 이를 간단히 소개하면 다음과 같다.

$$\Delta w_{i,t} = \mu_i + \beta_i w_{i,t-1} + \sum_{k=1}^p \theta_{i,k} \Delta w_{i,t-k} + \gamma_i t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, N, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

여기서 $w_{i,t}$ 는 환경오염량과 일인당 국민소득변수를 나타내며, 이 경우 검증하고자 하는 귀무가설과 대립가설은 다음과 같이 설정된다.

$$H_0: \beta_i = 0, \quad \forall i, \quad H_a: \exists i \text{ s.t. } \beta_i < 0 \quad (3)$$

가설 검증을 위하여 사용되는 통계량은 IPS t -bar 추정량으로 각 국가들의 관련변수에 대한 통상적인 Dickey-Fuller τ 통계량의 평균으로 나타난다.

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tau_i, \quad \tau_i = -\frac{\hat{\beta}}{\hat{\sigma}_{\beta_i}} \quad (4)$$

상기의 t 통계량이 서로 독립적인 경우, IPS통계량은 대표본에서 다음과 같은 이론적 표준 t -bar통계량을 갖는다.

$$\Gamma_{\bar{t}} = \frac{\sqrt{N}(\bar{t} - E(\tau_i | \beta_i = 0))}{\sqrt{\text{var}(\tau_i) | \beta_i = 0}} \quad (5)$$

Im *et al.* (1997)은 Monte Carlo simulation을 통하여, 상기 통계량에 대한

평균과 분산을 구하여 조정한 경우에 Γ_7 는 다음과 같은 분산분포를 보였다.

$$\lim_{n \rightarrow \infty, t \rightarrow \infty} \Gamma_7 \Rightarrow N(0, 1) \quad (6)$$

2) 패널 공적분 검증

환경오염량과 일인당 국민소득이 비정태적 성질을 가진 경우 Engle and Granger (1987) 공적분 관계를 검증하여야 한다. 이 경우 우리는 Kao (1999)의 패널 ADF(Augmented Dickey-Fuller)형태 검증을 실시하였다. 이 방법을 설명하면 다음과 같다.

$$Y_{i,t} = \alpha_i + X_{i,t}\beta_1 + X_{i,t}^2\beta_2 + \omega_{i,t} \quad (7)$$

여기서 $Y_{i,t}$ 는 환경오염량을 나타내는 비정태적 변수이며, $X_{i,t}$ 는 일인당 국민소득 수준을 나타내는 변수이다. 모든 변수는 로그변환변수이다.

$$\hat{\omega}_{i,t} = \rho \hat{\omega}_{i,t-1} + \sum_{j=1}^p \eta_j \Delta \hat{\omega}_{i,t-j} + v_{i,t} \quad (8)$$

여기서 식 (7)의 잔차항을 이용하여 잔차항에 대한 패널 ADF 형태 단위근 검증을 실시한다. 이 경우 검정 통계량 ADF-t값은 다음과 같이 결정된다.

$$ADF_t = \frac{t_{adj} + (\sqrt{6N}\hat{\sigma}_v/2\sigma_v)}{\sqrt{(\hat{\sigma}_{0,v}/2\hat{\sigma}_v^2) + (3\sigma_v^2/10\sigma_{0,v}^2)}} \quad (9)$$

여기서 $\hat{\sigma}_v^2, \hat{\sigma}_{0,v}^2$ 는 식 (7)을 이용한 장기적 효율적인 공분산 추정치를 사용한다. 따라서 공적분 관계가 성립하지 않는다는 귀무가설 검정에서 검정 통계량

(9)는 대표본인 경우 표준적인 정규분포를 사용할 수 있다.⁴⁾ 즉, 귀무가설을 기각할 수 있다면 식 (9)는 장기적 공적분 관계가 있는 것으로 볼 수 있다.

3) 패널 공적분 계수 추정

Kao and Chiang (1998)은 비정태적 패널 자료를 분석하는데 공적분 관계가 성립될 경우, 다음과 같은 패널 추정방법을 사용하여 공적분계수를 추정할 수 있음을 보였다. 본 연구에서는 다음 절에서 사용된 두 가지 추정방법만을 간단히 설명하고자 한다.⁵⁾ 식 (7)에서 우리는 OLS 편기를 조정한 추정량과 DOLS(Dynamic OLS)를 다음과 같이 추정할 수 있다. 즉, 정태적 자료 성질을 갖는 자료분석에서 일반적인 패널기법으로 추정한 계수는 다음과 같다.

$$\beta_{ols} = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{i,t} - \bar{x}_i)(x_{i,t} - \bar{x}_i)' \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{i,t} - \bar{x}_i)(y_{i,t} - \bar{y}_i) \right] \quad (10)$$

그러나 이 경우 OLS는 소표본인 경우 편기가 있으므로 이를 소표본(finite sample)에서 발생하는 편기를 교정하는 추정량으로 제시하였다. 또한 역시 DOLS 추정량을 다음과 같이 제시하였다.

$$y_{i,t} = \alpha_i + x'_{i,t}\beta + \sum_{j=q_1}^{q_2} c_{i,j}\Delta x_{i,t+j} + \varepsilon_{i,t} \quad (11)$$

Kao and Chiang (1997)은 식 (11)을 추정함으로써 공적분 추정계수를 얻을 수 있음을 보였다. 두 가지 추정방법의 차이점은 패널 OLS방법은 대표본의 경우 평균이 0이 아닌 정규분포를 하기 때문에 편기를 조정한다는 점에서 DOLS방법과 다르며, 두 가지 추정기법은 대표본인 경우에는 이론적 분포는 같아진다.⁶⁾

4) 자세한 내용은 Kao (1999)를 참조하십시오.

5) 자세한 설명은 Kao and Chiang (1997)을 참조하십시오.

6) DOLS기법의 경우 대표본인 경우에는 평균이 0인 정규분포를 하게 된다.

Ⅲ. 실증분석 결과

본 연구에서 사용된 자료는 한국을 포함한 17개국 OECD를 중심으로 1980년에서 1997년까지의 기간을 분석하였다. CO₂는 미국 Energy Information Administration (2001)의 자료를 이용하였다.⁷⁾ 각국의 일인당 GDP는 OECD발행자료를 이용하여 1990년도 기준 실질소득을 사용하였다. 모든 분석자료는 로그변환된 자료를 사용하였으며, 실질 GDP계산에서 PPP(purchasing power parity) 자료를 적용하지 않았다.

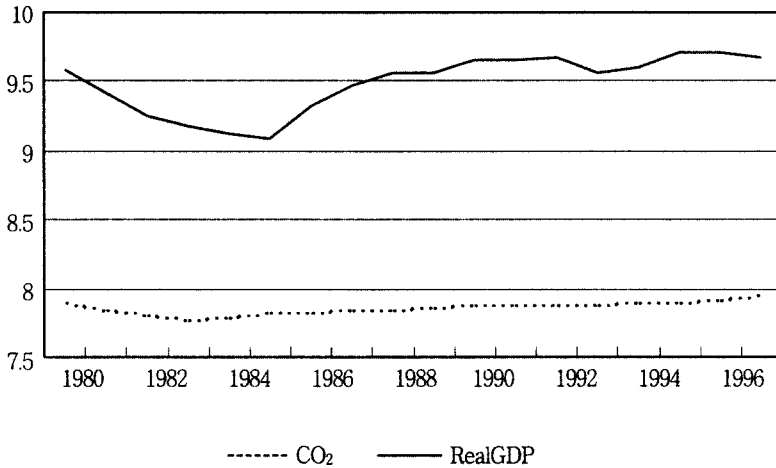
<그림 1>은 두 변수인 환경오염량과 일인당 국민소득 수준 간의 추세를 보기 위하여 분석기간 동안 17개국 OECD국가에 두 변수평균을 나타낸 것이다. <그림 1>에서 볼 수 있듯이 두 변수는 다음과 같은 특징을 발견할 수 있다. 첫째, 두 변수는 일정한 상승 추세선을 중심으로 변동하고 있음을 알 수 있다.⁸⁾ 둘째, 두 변수는 유사하게(Co-movement) 움직이는 것을 알 수 있다. 따라서 두 변수는 비정태적일 가능성이 있는 것으로 분석된다.

먼저 모든 국가들의 환경오염량과 일인당 GDP에 대한 IPS단위근 분석을 실시한 결과가 <표 2>에 실려 있다. 이 결과로부터 우리는 두 변수 모두 비정태적인 성질을 소유하고 있음을 알 수 있다. 특히 CO₂배출량의 경우 2차변수 이상을 사용하는 경우 p -값이 상당히 높아짐을 알 수 있으며, 일인당 GDP의 경우도 통상적 5% 유의수준에서는 단위근을 포함한다는 귀무가설을 기각하지 못함을 알 수 있다. 이러한 결과는 기존 Stern and Common (2001)이 언급했듯이 지금까지 사용된 자료가 비정태적이라는 사실을 확인할 수 있다.

7) 17개국은 Australia, Austria, Canada, Denmark, Finland, France, Germany, Italy, Japan, Korea, Luxemburg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, U.K, U.S.A이다.

8) 이러한 결과는 두 변수가 stochastic trend를 갖는 것으로 볼 수 있으나, 공식적인 검증을 해야 알 수 있다.

〈그림 1〉 17개국 OECD국가 평균 CO₂와 평균 일인당 GDP추세



〈표 2〉 IPS-t 패널 단위근 검정결과

lag 수	1 lag	2 lag	3 lag
CO ₂	-2.721 (0.003)	-1.549 (0.06)	-0.950 (0.171)
실질 일인당 GDP	-1.490 (0.068)	-1.490 (0.068)	-1.348 (0.09)

주: 1) ()는 p값을 의미함.

2) IPS-t 추정방정식(data generating process)은 추세선(trend)이 있다는 가정을 함.

〈표 3〉은 두 변수간에 공적분 관계를 실증분석한 결과이다. 이 결과 두 변수간에는 공적분 관계가 성립함을 알 수 있다. 즉, 비록 환경오염량 변수와 일인당 소득수준 변수가 비정태성을 가지고 있어도 서로 공통 추세요인(common trend)이 존재함을 말해 준다. 단지 3lag 경우만 두 변수 사이에는 통상 10%에

〈표 3〉 패널 공적분 검증결과

lag 수	1 lag	2 lag	3 lag
ADF-t값	-4.338 (0.000)	-1.955 (0.025)	-1.233 (0.108)

주: 1) ()는 p -값을 의미함.

2) Kao 공적분 관계 검정량은 귀무가설이 공적분 관계가 성립하지 않는다는 가설을 검정함.

〈표 4〉 OLS 및 DOLS패널 공적분 계수 추정치

	OLS편기조정 추정치	DOLS(1,1)	DOLS(2,2)	DOLS(3,3)
일인당 국민소득 계수	3.8182 (6.497)	4.256 (6.035)	3.8592 (4.7431)	3.4833 (3.6288)
일인당 국민소득 자승 계수	-0.1956 (-6.2131)	-0.2022 (-5.3522)	-0.1797 (-4.1236)	-0.1570 (-3.0486)

주: 1) ()는 계수 추정치에 대한 t -값을 나타냄.

2) DOLS(1,1)에서 (1,1)은 1Lead, 1Lag값을 나타냄.

서도 공적분관계가 성립되지 않음을 알 수 있다.

환경오염량을 나타내는 CO₂와 일인당 국민소득 간에 공적분 관계의 성립으로 EKC가설이 성립함을 알 수 있다. 따라서 앞에서 말한 패널 공적분계수를 OLS조정 편기추정량과 DOLS를 이용하여 공적분계수를 추정할 수 있다. 각각 추정된 계수는 <표 4>와 같다. <표 4>에서 보듯이 두 가지 패널 추정치의 값은 유의적인 것으로 나타났다.

위 추정계수를 이용하여 전환점을 예측한 결과는 <표 5>와 같다. 즉, 사용하는 추정방법에 따라 일인당 GDP값이 1만 7,331달러에서 6만 6,934달러 수준에서 결정됨을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 기존 연구에서 전환점으로 보는

〈표 5〉 전환점 예측값

(단위 : 달러)

추정방법	OLS편기조정	DOLS(1,1)	DOLS(2,2)	DOLS(3,3)
전환점	17,331	37,234	46,069	66,934

4,000달러에서 1만 1,000달러보다는 높지만 최근 연구결과인 Stern and Common연구인 11만 달러 수준보다는 훨씬 낮은 수준으로 분석된다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구는 환경 쿠즈네츠가설을 검증하는 방법으로 최근에 발달된 비정태적 패널자료 분석기법을 사용하였다. 기존의 연구결과는 사용하고 있는 자료의 특성으로 인하여 의사관계추정을 실시하였을 가능성이 있으며, 이로 인하여 잘못된 결론을 도출했을 수 있음이 실증분석 결과 제시되었다.

본 연구의 결론은 다음과 같이 요약할 수 있다. 환경오염량과 경제성장을 나타내는 대리변수인 일인당 GDP는 ISP패널 단위근 검정결과에 따르면 비정태적일 가능성이 높은 변수로 확인되었고, 두 변수간에 패널 공적분 관계가 확인되었다. 따라서 비정태성이 있는 두 변수는 최근에 도입된 패널 공적분 계수추정기법을 이용하여 추정될 수 있었다. 마지막으로 패널 공적분 추정방법 중 OLS 편기 추정기법과 DOLS기법을 사용하여 공적분계수를 추정하였으며, 추정된 계수를 이용하여 환경 쿠즈네츠 전환점을 예측한 결과 추정방법에 따라 일인당 GDP 수준이 1만 7,331달러에서 6만 6,934달러 사이에서 결정되었다.

본 연구에서 추정된 전환점은 일반적으로 생각하고 있는 경제성장 수준보다는 높은 수준으로 분석된다. 이에 대한 해석은 다음과 같다. 첫째, 자료상의 문제점이다. 즉, 본 연구에서는 CO₂가 환경오염량을 대표하는 것으로 보았으나,

기존 연구에서 보았듯이 환경오염을 대표하는 변수는 다양함을 알 수 있다. 따라서 CO₂에 한정한 전환점으로 해석해야 한다고 분석된다. 둘째, 필요한 통제 변수를 고려하지 않음으로써 설정오류를 범했을 가능성이 있다. 이 경우 편기 추정량이 되며 편기 방향을 정확히 알 수 없기 때문에 본 분석 수준보다 높은지 또는 낮은지에 대한 정확한 답은 본 연구 범위에서는 불가능하다. 따라서 이에 대한 문제점을 보완하기 위해 앞으로의 연구방향은 두 가지 방향에서 지속적으로 이루어질 것으로 본다.

◎ 참고 문헌 ◎

1. Baltagi, B. H. and C. Kao, "Non-stationary Panels, Co-integration in Panels and Dynamic Panels: A Survey," *Working Paper*, 2000.
2. Banerjee, A., "Panel Data Units and Co-integration: An Overview," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 61, 1999, pp. 607~629.
3. Cropper, M. and C. Griffiths, "The Interaction of Population Growth and Environmental Quality," *American Economic Review*, 84, 1994, pp. 250~254.
4. Engle, G. and C. W. J. Granger, "Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing," *Econometrica*, 55, 1987, pp. 251~276.
5. Grossman, G. M. and A. B. Krueger, "Environmental Impacts of North American Free Trade Agreement," *The US-Mexico Free Trade Agreement*, MIT Press, 1994.
6. Hsiao, C., *Analysis of Panel Data*, Cambridge University Press, 1986.
7. Im, K. S., Perseran M. H. and Y. Shin, "Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels," *Revised Discussion Paper*, University of Cambridge, 1997.
8. Kao, C. and M. H. Chiang, "On the Estimation and Inference of a Co-integrated Regression in Panel Data," *Working Paper*, Center for Policy Research, Syracuse University, 1997.

9. Kao, C., "Spurious Regression and Residual-based Tests for Cointegration in Panel," *Journal of Econometrics*, 110, 1999, pp. 1127~1170.
10. Levin, A. and C. F. Lin, Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties, Discussion Paper # 92-93, University of California at San Diego, 1993.
11. Panayotou, T., "Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development," *Working Paper* WP238, International Labor Office, 1993.
12. Perman, R. and D. I. Stern, "The Environmental Kuznets Curve: Implications of Non-stationarity," *Working Papers in Ecological Economics* 9901, Australian National University, 1999.
13. Phillips, P. C. B. and H. Moon, "Non-stationary Panel Data Analysis: Overview of Some Recent Developments," *Econometric Reviews*, 19, 2000, pp. 263~286.
14. Selden T. M. and D. Song, "Environmental Quality and Development: Is There Kuznets Curve for Air Pollution?," *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 1994, pp. 147~162.
15. Shafik, N. and S. Bandyopadhyay, "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence," in World Development Report, *The World Bank*, 1992.
16. Stern, D. I. and M. S. Common, "Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?" *Journal of Environmental Economics and Management*, 41, 2001, pp. 162~178.

ABSTRACT

Panel Study on the Environmental Kuznets Hypothesis
in the Case of OECD 17 Countries

Sang-Sup Cho · Shin-Won Kang · Dong-Yeub Kim

The purpose of this study is to test the Kuznets Hypothesis on the relationship between environmental pollution and economic growth by using the panel data. The major results of the study can be summarized threefold as follows. First, previous studies can pose the risk of spurious regression because of the nature of non-stationery of the data used. Second, the result of the co-integration test indicates that the emission of CO₂ and per capita income are co-integrated. Finally, according to the results of OLS and DOLS estimation, the turning point in this study is set in far higher level of per capita income compared with those in previous studies.