

경제성장과 자유무역협정이 CO₂ 배출에 미치는 영향: NAFTA 지역에 대한 시계열분석*

김현석**

요 약

자유무역협정의 발효가 실질적으로 CO₂ 배출량에 어떤 영향을 주었는지를 NAFTA 지역 사례를 시계열 분석을 통하여 살펴보았다. 이를 위하여 자기회귀 분배시차 공적분 접근법을 이용하여 자유무역협정 및 경제성장과 CO₂ 배출량 간의 장·단기 영향을 분석하였다. 소득 및 에너지소비량은 캐나다의 소득 변수만을 제외하고 지역의 CO₂ 배출량에 영향을 준 것으로 나타났다. 그러나 NAFTA의 체결이 CO₂ 배출량에 직접적인 영향을 주었는지에 대한 분석에서는 통계적 유의성이 없는 것으로 나타나 NAFTA의 체결이 온실가스 배출에 직접적인 영향을 미쳤다고는 볼 수 없었다. 이는 NAFTA에 따른 영향이 경제성장 관련 변수의 영향에 반영되어 상쇄되었기 때문인 것으로 판단된다.

주요 단어 : 이산화탄소 배출, 자기회귀분배시차 모형, 자유무역협정
경제학문헌목록 주제분류 : C22, Q54, Q56

* 이 논문은 2012학년도 경북대학교 신입교수정착연구비에 의하여 연구되었음..

** 경북대학교 농업경제학과 조교수. hyun.kim@knu.ac.kr

I. 서 론

최근 들어 전 세계적으로 국가 간 자유무역협정(free trade agreement, FTA)의 체결이 급속하게 증가하고 있다. FTA는 국가 간 경제를 개방하여 시장을 통합하고, 이를 통하여 경제규모를 확대함으로써 규모의 경제를 이루게 된다. 이러한 규모의 경제는 생산의 효율화를 가져와 경제성장을 유발시킨다. 우리나라의 경우 2002년 10월 한-칠레 FTA를 시작으로 다양한 국가와 FTA를 체결·발효하였거나 협상 중에 있다. 이렇게 FTA에 따른 세계 경제의 통합과 지역 간 경제성장이 일어나면서 FTA와 환경과의 상관관계에 대한 관심도 커지고 있다.

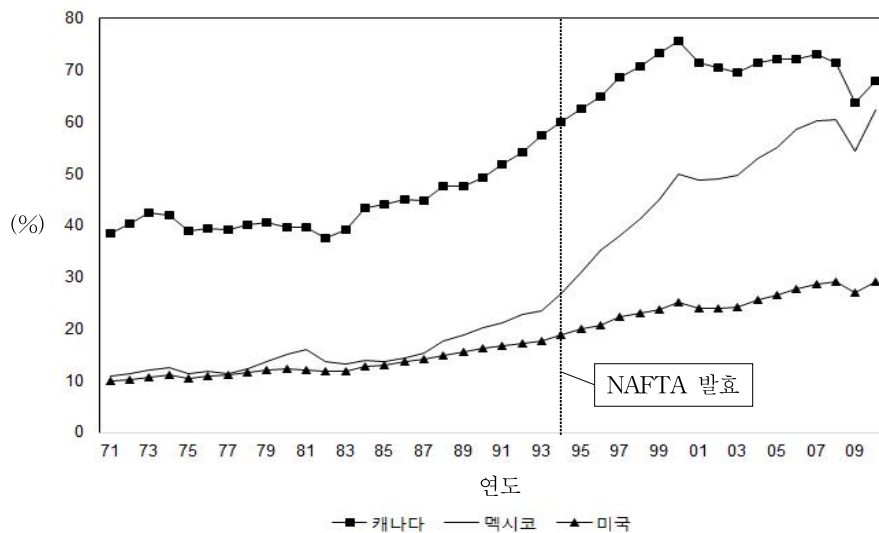
경제성장과 환경과의 상관관계는 일반적으로 환경쿠즈네츠 가설에 의해서 설명되어지고 있다. 환경쿠즈네츠 가설은 경제성장의 지표인 소득과 환경오염 사이에 역U자형 관계가 성립한다고 가정한다. 즉, 경제성장 초기에 있는 국가는 에너지 다소비 산업 등을 통해 환경이 악화되더라도 국민 소득수준을 먼저 증가시키려 한다는 것이다. 그러나 한 국가가 일정 수준의 경제성장을 달성하여 소득수준이 일정 수준을 넘어서게 되면 환경 개선에 대한 인식을 가지게 되어 환경규제 정책의 도입과 에너지 효율산업 등을 통한 경제성장을 꾀하여 환경의 질을 개선하고자 하게 된다는 것이다. 이러한 소득수준과 환경오염 간의 관계에 대한 실증적 분석은 최근까지 꾸준히 이루어지고 있다(Shafik, 1994; Agras and Chapman, 1999; Heil and Selden, 1999; Friedl and Getzner, 2003; Dinda and Coondo, 2006; Managi and Jena, 2008). 이들 연구는 대부분 횡단면 또는 패널 데이터를 이용하여 특정국가에 상관없이 소득수준과 환경오염 간의 관계를 실증분석하였다. 그러나 국가별로 환경관련 규제 및 경제성장 정책 등이 차이점을 가지기 때문에 특정 국가의 소득수준과 환

경오염 간의 관계를 실증적으로 분석하지는 못하고 있다.

최근 FTA와 환경과의 상관관계에 대한 관심이 커지면서 그에 대한 실증분석 연구도 진행되고 있다. FTA와 환경오염 간의 관계에 대한 실증분석 연구 결과는 크게 두 가지 견해로 양분된다. 즉, FTA가 그 지역 전체의 환경오염을 감소시키는 역할을 한다는 결과(Grossman and Krueger, 1991; Antweiler *et al.*, 1998)와 FTA로 인해 선진국의 환경오염은 감소하고 개발도상국의 환경오염은 가중된다(Baek *et al.*, 2009; Baek and Kim, 2011; Kozul-Wright and Fortunato, 2012; Chang, 2013)는 결과로 양분되어 있다.

이에 따라 본 연구는 경제성장과 FTA의 발효가 실질적으로 그 지역 전체와 각 개별 국가의 환경오염에 긍정적 또는 부정적 영향 중 실질적으로 어떤 영향을 주었는지를 살펴보는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 본 연구는 북미 자유무역협정(North American FTA, NAFTA) 대상국인 미국과 캐나다, 멕시코의 경우를 살펴보기로 한다.

[그림 1] NAFTA 3개국의 무역개방도 변화 추이



자료 : University of Pennsylvania, Penn World Table 7.1(2014)

NAFTA는 1993년 11월 체결되고 1994년 1월부터 발효되어 현재까지 21년 간에 걸쳐 지속되고 있다. [그림 1]을 살펴보면 각 국가의 총 소득(gross domestic product, GDP)에 대한 총 교역액(수출액+수입액)의 비율인 무역개방도의 증가폭이 1994년 NAFTA 발효 후 3개국에서 이전보다 다소 상승하는 것을 볼 수 있다. 그 이후 2000년대 초반과 세계 경제위기인 2008~2009년에 무역개방도가 소폭 감소하긴 하나 1994년 이전보다는 높은 수준을 유지하고 있다. 이는 NAFTA의 발효가 3개국의 교역량 증가를 가져왔으며, 이를 통한 경제성장을 가속화 시켰음을 추론할 수 있다.

본 연구에서는 자기회귀분배시차(autoregressive distributed lag, ARDL) 공적분 접근법을 사용하여 FTA와 경제성장이 환경오염에 미치는 장·단기 영향을 분석하였다. 기존의 선행연구들은 횡단면 또는 패널 데이터를 이용하여 이들 변수 간의 관계를 분석한 연구가 주를 이루었다. 그 외에 시계열 데이터를 이용한 Baek *et al.* (2009)과 Baek and Kim (2011) 등의 연구는 Johansen (1995)의 공적분 방법을 이용하여 국가별 경제성장 및 무역이 환경에 미치는 영향을 분석하였으나, 상대적으로 소표본(국가별 36~47개 데이터)을 이용하였다는 점에서 검정력의 왜곡 가능성 및 잘못된 결론의 유도 등과 같은 소표본 문제를 간과하고 있다. 따라서 본 연구는 소표본 데이터의 사용에 따른 문제를 극복하는 동시에 관심변수들 간의 국가별 장·단기 영향을 분석하기 위하여 ARDL 공적분 접근법을 도입하였다.

논문의 구성은 다음 장에서는 추정모형 및 사용 데이터에 대해 설명한 후, III장에서는 경제성장 및 FTA가 지역의 환경오염에 미치는 영향에 대한 실증분석 결과를 제시한다. 그리고 마지막 IV장에서는 실증분석 결과를 바탕으로 결론을 맺기로 한다.

II. 모형 및 분석자료

1. 기본모형의 설정

자유무역협정 및 기타 경제적 활동이 온실가스 배출량에 미치는 영향을 분석하기 위한 이론적인 기본모형은 식 (1)과 같다.

$$E = f(Y, FTA) \quad (1)$$

여기서 E 는 온실가스 배출량을 나타내며, Y 는 1인당 국민소득, FTA 는 자유무역협정 여부를 나타낸다. 즉, 온실가스 배출량은 한 국가의 경제적 활동을 대표하는 1인당 국민소득과 자유무역협정에 의해서 영향을 받는다는 것이다. 일반적으로 국민 경제활동과 환경오염과의 관계는 환경쿠즈네츠 가설로 자주 설명되는데, 이는 국민 경제가 성장함에 따라 경제발전 초기에는 산업화와 도시화로 인해 환경오염이 악화되지만 일정 수준의 소득 전환점을 지나면 환경오염에 대한 인식을 제고하여 환경개선에 대한 투자 증가로 환경의 질이 개선되어 역U자형의 관계를 나타낸다는 것이다. 이 경우, 온실가스 배출량은 소득의 2차함수를 통해 표현 가능하다. 그러나 만약 각 국의 소득에 대한 온실가스 배출이 단조증가 혹은 단조감소의 형태로 나타날 경우, 일정 소득 전환점을 지난 선진국은 소득의 증가에 따라 온실가스의 배출이 감소($\partial E / \partial Y < 0$)하게 되고, 소득 전환점에 미치지 못한 개도국은 소득의 증가에 따라 온실가스 배출도 증가($\partial E / \partial Y > 0$)하는 것으로 나타낼 수 있다.

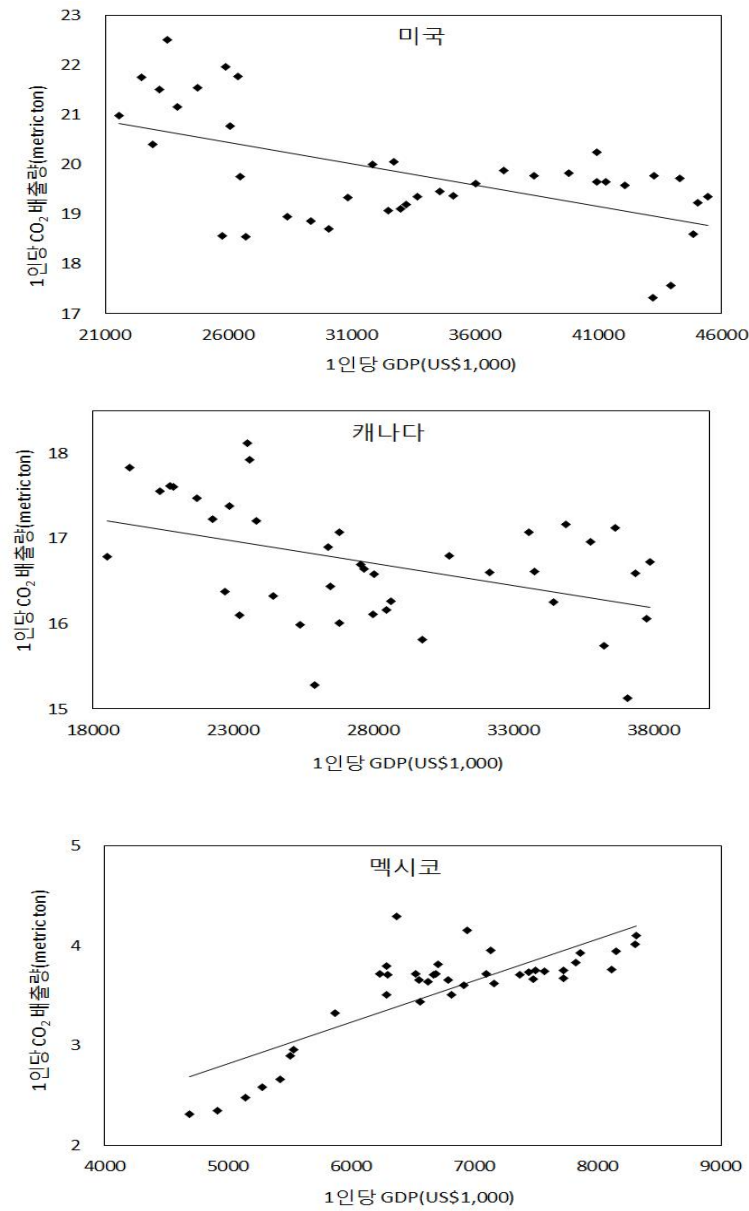
NAFTA 3개국에 대한 소득과 온실가스 배출량의 관계를 그림으로 나타내면 [그림 2]와 같다. 멕시코의 경우 소득의 증가에 따라 온실가스의 단조적

증가가 나타나고 있으며, 캐나다와 미국은 소득의 증가에 따라 온실가스 배출의 단조적 감소가 나타남을 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 NAFTA 3개국의 소득변화에 따른 온실가스 배출의 변화가 단조적으로 나타난다고 가정하고 분석을 진행하였다.

무역의 자유화와 환경오염 간의 관계에 대해서는 다양한 의견이 존재한다. 첫 번째 의견은 무역자유화가 국가 간 규모의 경제를 유발하여 보다 더 효율적인 생산활동을 하게 됨으로써 환경오염을 감소시키는 역할을 한다는 것이다(Grossman and Krueger, 1991; Antweiler *et al.*, 1998). 이러한 이론에 바탕하면 국가 간의 자유무역협정은 규모의 경제를 통해 각 국가의 효율적 생산활동을 증가시킴으로써 온실가스의 배출량을 감소($\partial E / \partial FTA < 0$)시키게 될 것이다. 이와는 다른 두 번째 의견은 무역자유화로 인해 환경개선에 대한 인식제고를 하는 선진국의 경우 환경오염이 줄어들지만, 경제성장에 더 역점을 두는 개발도상국의 경우 환경오염이 가중된다는 것이다(Baek and Kim, 2011; Kozul-Wright and Fortunato, 2012; Chang, 2013). 즉, 이 이론에 따르면 일정 수준의 소득 전환점을 지난 선진국의 경우 무역자유화를 통해 산업구조를 저탄소 기반의 산업으로 전환시키는 동시에 온실가스 다배출 산업을 개발도상국으로 이전시킴으로써 온실가스 배출량이 감소($\partial E / \partial FTA < 0$)하게 된다. 이와 반대로 개발도상국의 경우 자국의 환경개선에 대한 관심보다는 경제성장에 집중하기 때문에 무역자유화를 통해 제조업 중심의 산업을 유치하여 경제성장을 꾀하고 이로 인해 환경오염이 증가($\partial E / \partial FTA > 0$)하게 될 것이다.

경제성장과 자유무역협정이 CO₂ 배출에 미치는 영향: NAFTA 지역에 대한 시계열분석

[그림 2] NAFTA 국가별 소득변화에 따른 CO₂ 배출량의 변화



자료 : World Bank, World Development Indicator(2014)

그 밖에 온실가스 배출량에 영향을 미치는 주요 요인으로 에너지 소비량을 들 수 있는데, 이는 경제성장이 에너지 소비를 촉진시킨다는 배경에 기인한다. 환경오염과 소득 및 에너지 소비량 간의 관계를 분석한 연구는 다수 진행되어 왔다(Kraft and Kraft, 1978; Yu and Choi, 1985; Glasure and Lee, 1997; Soyats and Sari, 2006; Akinlo, 2008, Baek and Kim, 2011). 이들 연구와 같이 본 연구에서는 에너지 소비량(EN)을 온실가스 배출에 영향을 주는 주요 변수로 고려하여 식(2)와 같이 기본모형을 확장하였다.

$$E = f(Y, FTA, EN) \quad (2)$$

앞에서 언급한 것처럼 전체 에너지 소비량 중 화석연료 에너지가 차지하는 비중이 많기 때문에 에너지 소비량의 증가는 온실가스 배출량의 증가($\partial E / \partial EN > 0$)를 가져오게 된다.

2. ARDL모형의 설정

온실가스 배출량과 그 결정변수들 간의 관계를 추정하기 위하여 본 연구는 ARDL 공적분 접근법(이하 ARDL 모형)을 사용하였다. ARDL 모형은 전통적인 Engel and Granger(1987)나 Johansen(1995)의 공적분 방법과는 달리 변수 값들이 $I(0)$ 또는 $I(1)$ 에 상관없이 공적분 방법을 사용할 수 있기 때문에 변수의 사전검정(pre-testing)이 필요하지 않다는 장점이 있다(Pesaran *et al.*, 2001). 또한 ARDL 모형은 변수의 표본 크기가 작을 경우 변수 간의 장·단기 영향을 추정함에 있어서 전통적인 공적분 방법보다 효과적이라는 장점을 가진다(Pesaran and Shin, 1999).¹⁾ 본 연구에서는 1971년부터 2010년까지 40개

1) Pesaran and Shin (1999)에 따르면 각 변수가 소표본 일지라도 ARDL 모형에 기초한 최소자승법(ordinary least square, OLS)의 추정치들은 단기적으로 일치성(consistency)을 보일뿐만 아니라 장기적으로도 초일치성(super-consistency)을 보인다.

연도별 데이터를 사용하였기 때문에 ARDL 모형이 전통적인 공적분 방법보다 효과적이라고 판단된다.

식 (2)의 온실가스 배출량과 경제변수들의 관계를 나타내는 함수를 선형로 그형태의 추정식으로 표현하면 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln E_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_{i,t} + \beta_2 \ln EN_{i,t} + \beta_3 FTA_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

여기서 i 와 t 는 NAFTA 체결 3개국(i =미국, 캐나다, 멕시코)과 연도(t =1971년~2010년)를 나타내며, ε_t 는 오차항을 나타낸다. FTA_t 는 NAFTA를 나타내는 더미변수로 협정이 1993년 11월 인준되어 실질적으로 관세가 철폐되기 시작한 1994년 이후를 1, 그 이전을 0으로 나타낸다.

앞 절에서 이론적으로 설정된 기본모형이 성립한다면 선진국으로 분류되는 캐나다와 미국의 경우 β_1 는 음(-)의 부호를 가지며, 개발도상국인 멕시코의 β_1 는 양(+)의 부호를 가질 것으로 예상할 수 있다. 에너지 사용량과 온실가스 배출량의 관계를 나타내는 β_2 의 경우, 분석 대상 3개국 모두 전체 에너지 사용량에 대한 화석연료 에너지 사용량의 비중이 큰 것으로 보아 양(+)의 부호를 가질 것으로 예측 가능하다. 무역의 자유화가 환경오염에 영향을 준다는 가설이 성립할 경우, β_3 의 부호는 앞 절에서 설명한 것과 같이 다양하게 예측될 수 있다. 무역자유화가 규모의 경제를 유발하여 효율적인 생산활동을 가능케 하여 환경오염을 감소시킨다면 β_3 는 모든 국가에 대해 음(-)의 부호를 가지게 될 것이다. 이와는 달리 선진국은 무역자유화를 통해 산업 구조를 저탄소 기반의 산업으로 전환시키는 동시에 온실가스 다배출 산업을 개발도상국으로 이전시키고, 개발도상국은 자국의 경제성장을 위해 에너지 다소비 산업을 유치하려 한다면 β_3 값은 미국과 캐나다의 경우 음(-)의 부호를, 멕시코의 경우 양(+)의 부호를 가지게 될 것이다.

식 (3)은 변수들 사이의 장기적 관계를 나타내는 식으로, 본 논문에서는 변

수들의 장·단기 영향을 분석하기 위하여 식 (3)을 오차수정(error correction) 항 형태의 ARDL 체계로 아래 식 (4)와 같이 재구축하였다.

$$\begin{aligned} \Delta \ln E_{i,t} = & \alpha_0 + \sum_{k=1}^p \gamma_k \Delta \ln E_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \delta_k \Delta \ln Y_{i,t-k} \quad (4) \\ & + \sum_{k=1}^p \eta_k \Delta \ln EN_{i,t-k} + \theta_1 \ln E_{i,t-1} + \theta_2 \ln Y_{i,t-1} \\ & + \theta_3 \ln EN_{i,t-1} + \lambda_1 FTA_t + \mu_t \end{aligned}$$

여기서 Δ 는 각 변수의 차분, p 는 각 변수에 대한 시차를 의미한다.²⁾ 식에서 θ 로 표현된 시차변수(lagged variable)들의 선형결합이 오차수정모형에서의 오차수정항(ec_{t-1})을 대신하고 있기 때문에 식 (4)는 ARDL에서의 오차수정모형이라고 한다. 즉, θ 로 표현된 변수들은 장기적인 공적분관계로 표현되며, 합계($\sum$)를 따르는 계수들은 단기적 관계를 나타낸다.

3. 분석자료

앞 절에서 설정한 추정모형을 추정하기 위하여 NAFTA 3개국의 CO₂ 배출량, 국민소득, 에너지 사용량에 대한 1971년부터 2010년까지 연도별 자료를 사용하였다.³⁾ 각 국가의 환경오염 변수를 1인당 CO₂ 배출량(metric ton)을 사용하였으며, 2005년 기준 1인당 실질 국내총생산(gross domestic product, GDP)을 국민소득의 프록시로 사용하였다. 각 국가의 에너지 사용량 변수 또한 1인당 에너지 사용량 자료를 사용하였으며, 모든 자료는 World Bank의 World

2) 시차 p 는 각 변수에 대해 다르게 나타나며, 그 시차는 <표 4>에서 확인할 수 있다.

3) 멕시코의 에너지 사용량 데이터가 1971년부터 존재하고, 모든 국가에 대한 CO₂ 배출량 데이터는 2010년까지 존재하므로 본 연구에서는 1971년부터 2010년까지 데이터를 사용하였다.

Development Indicator(WDI)의 database에서 추출하였다. NAFTA에 대한 더미변수는 앞에서 설명한 것과 같이 1993년 11월 인준 이후 실질적으로 관세가 철폐되기 시작한 1994년 이후의 값을 1, 그 이전의 값을 0으로 하였다.

자유무역협정과 경제성장 및 에너지사용량이 환경오염에 영향을 미쳤는지를 각 국가별로 분석한 후, NAFTA 지역 전체에 대한 영향도 분석하였다. 이를 위하여 NAFTA 3개국의 국가별 CO₂ 배출량과 실질 GDP, 에너지 사용량을 WDI로부터 획득하여 모두 합하고, 이를 WDI에서 제공하는 NAFTA 3개국 인구의 합으로 나누어 분석하였다.

Ⅲ. 실증분석

1. 단위근 및 공적분 검정

앞 장에서 설명한 것처럼 ARDL 모형은 전통적인 공적분 방법과는 달리 변수 값들이 $I(0)$ 또는 $I(1)$ 에 상관없이 공적분 방법을 사용할 수 있기 때문에 변수의 사전검정(pre-testing)이 필요하지 않다는 장점이 있다(Pesaran *et al.*, 2001). 그러나 변수들의 값이 $I(2)$ 이상의 진행을 따르지 않는다는 조건을 먼저 확인해야 하므로 단위근 검정이 선행되어야 한다. 이에 따라 분석대상 3개국 및 동 지역전체의 1인당 CO₂ 배출량, 1인당 GDP, 1인당 에너지 소비량에 대해 ADF(augmented Dickey-Fuller)검정을 실행한 결과 <표 1>과 같이 모든 수준변수가 $I(1)$ 인 것으로 나타났다.

ARDL 모형을 이용하여 CO₂ 배출량과 경제변수(국민소득, 무역자유화, 에너지소비) 간의 관계를 분석하기 위해서는 먼저 식 (4)의 시차(lag) p 를 결정하여야 한다. 이를 위하여 라그랑지승수(Lagrange Multiplier, LM) 검정을 통해 변수 간 시계열 상관관계(serial correlation)가 존재하지 않는 것 중에서

Akaike 정보지수(Akaike Information Criterion, AIC)의 값이 가장 작은 것을 최적 시차 p 로 결정한다. 선택된 p 값을 이용해 Pesaran *et al.* (2001)의 한계검정(bound test)을 통해 변수 간 공적분의 존재유무를 검정한다. 한계검정을 통해 구해진 F -통계값이 유의수준에서 Pesaran *et al.* (2001)이 제시한 F -한계통계량의 상한보다 클 경우 변수 간 공적분 관계가 존재한다는 것을 의미한다. 이와 반대로 하한보다 작은 F -통계값을 갖는다면 변수 간 공적분 관계가 존재하지 않게 된다. 만약 F -통계값이 상한과 하한 사이의 값을 가진다면 변수 간 공적분 관계의 존재 유무는 ARDL 모형의 오차수정항의 부호와 통계적 유의성에 따라 결정되는데, 오차수정항이 통계적으로 유의하면서 음(-)의 부호를 가질 경우 그 품목은 변수 간 공적분 관계가 존재한다고 할 수 있다(Pesaran *et al.*, 2001).

〈표 1〉 ADF 단위근 검정결과

국가	변수	수준변수 tau 값	lag	1차 차분변수 tau 값	lag	결정
캐나다	E	-1.83	2	-5.55*	0	$I(1)$
	Y	-2.76	2	-4.26*	0	$I(1)$
	EN	-2.29	5	-4.22*	2	$I(1)$
멕시코	E	-2.51	1	-7.66*	0	$I(1)$
	Y	-2.90	1	-4.93*	0	$I(1)$
	EN	-2.89	5	-5.70*	0	$I(1)$
미국	E	-1.82	4	-3.58**	2	$I(1)$
	Y	-2.40	2	-4.62*	0	$I(1)$
	EN	-2.36	4	-4.70*	0	$I(1)$
3개국 전체	E	-1.86	4	-4.76*	0	$I(1)$
	Y	-2.62	2	-4.97*	0	$I(1)$
	EN	-2.26	2	-4.77*	0	$I(1)$

주 : *와 **는 각각 5%와 10% 유의수준에서 유의함을 나타냄.

국가별 변수 간 공적분 검정결과를 보면 <표 2>에서 볼 수 있듯이 분석대상 3개국가 및 3개국 전체에 대해서 모두 변수 간 공적분 관계가 성립하고 있음이 확인되었다. 미국과 3개국 전체의 경우 F -통계값이 각각 2.99와 2.51로 F -한계통계량의 상한 값과 하한 값 사이에 존재하는 것으로 나타나 ARDL모형의 오차수정항 계수의 통계적 유의성 여부와 부호를 확인할 필요가 있다. 따라서 <표 4>에 나타난 오차수정항의 계수와 통계적 유의성을 확인하면, 두 경우 모두 오차수정항 계수가 통계적으로 유의하면서 음의 부호를 가지므로 변수 간 공적분 관계가 성립하고 있음을 알 수 있다.

〈표 2〉 CO₂ 배출량과 경제변수 간 공적분 검정 결과

국가	$\text{lag}(p)$	AIC	$\chi^2_{sc}^{(1)}$	F -통계값 ⁽²⁾	공적분
미국	7	117.875	1.432	2.99	유
캐나다	3	78.146	1.617	3.52	유
멕시코	3	67.422	0.963	4.58	유
3개국 전체	4	120.146	0.255	2.51	유

주 : 1) χ^2_{sc} 는 오차항의 시계열 상관관계 검정에 대한 통계값임.

2) 10% 유의수준에서 F -통계값의 상하한 값은 (2.37, 3.20)임.

2. 장기적 영향 분석

CO₂ 배출량에 대한 경제변수(소득, 에너지소비량, 무역자유화)의 장기적 영향을 나타내는 식 (3)을 추정한 결과는 <표 3>과 같다. 소득과 에너지 소비량이 CO₂ 배출에 미치는 영향은 캐나다의 소득변수만을 제외하고 모두 5% 유의수준에서 통계적으로 유의하며, 앞 장의 모형에서 설명한 이론과 부호가 일치하는 것으로 나타났다.

〈표 3〉 CO₂ 배출량의 장기영향계수 추정결과

국가	<i>Y</i>	<i>EN</i>	<i>FTA</i>	상수항
미국	-0.053 (-2.312)**	1.199 (12.538)**	0.009 (0.822)	1.042 (3.015)**
캐나다	-0.017 (-0.129)	1.483 (3.277)**	-0.042 (-0.811)	0.338 (0.212)
멕시코	0.304 (2.259)**	0.952 (7.214)**	-0.009 (-0.340)	-1.335 (-1.127)
3개국 전체	-0.080 (-2.049)**	1.230 (12.272)**	0.002 (0.169)	1.304 (2.675)**

주 : 1) 괄호 안의 수는 t-통계값을 나타냄.

2) **는 5% 유의수준에서 유의함을 나타냄.

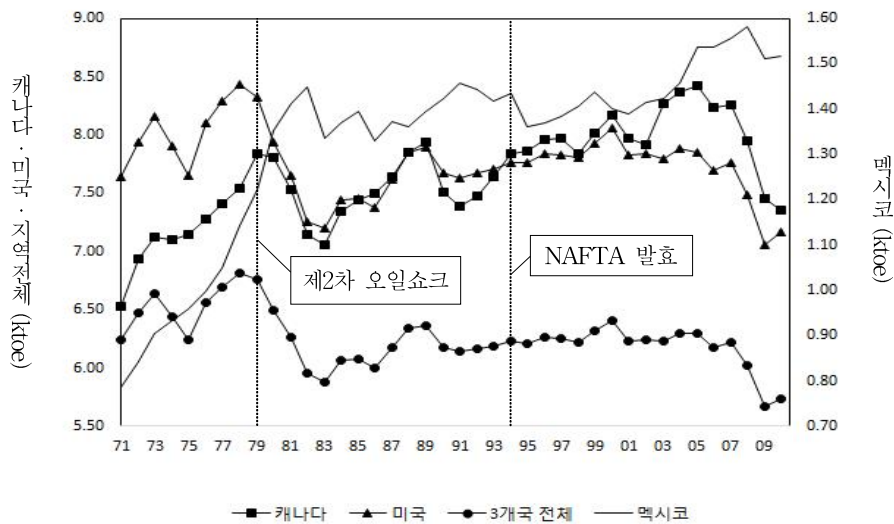
소득변수(*Y*)가 CO₂ 배출량에 미치는 영향을 먼저 살펴보면, 멕시코의 경우 그 추정치가 0.304로 나타났다. 이는 멕시코의 소득이 1% 증가함에 따라 CO₂ 배출량의 약 0.3%씩 증가함을 의미한다. 멕시코의 경우 개발도상국으로서 환경의 질 개선보다는 경제성장에 중점을 두고 있기 때문에 소득의 증가가 환경오염을 증가시켰다는 해석 가능하다. 미국의 경우 소득변수(*Y*)에 대한 추정치가 -0.05로 나타나 소득이 1% 증가함에 따라 CO₂ 배출량이 0.05% 감소하는 것으로 분석되었다. 미국의 경우 멕시코와 달리 선진국으로서 환경의 질 개선에 대한 인식이 뚜렷하기 때문에 소득이 증가함에 따라 환경 개선을 위한 투자 및 정책 등을 확대시켜 CO₂ 배출량이 줄어드는 것으로 해석할 수 있다. 캐나다의 경우에는 CO₂ 배출량과 소득 간의 관계가 음(-)의 부호를 보여 이론과 일치하였으나, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 마지막으로 NAFTA 3개국 전체의 소득과 CO₂ 배출의 관계는 통계적으로 유의하면서 음(-)의 부호를 갖는 것으로 나타났다. NAFTA지역의 소득이 1% 증가할 때 CO₂ 배출은 0.08%씩 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 미국과 캐나다의 소득증가에 따른 CO₂ 배출량의 감소가 멕시코의 소득증가에 따른 CO₂ 배출량의 증가를 압도하기 때문인 것으로 해석된다.

1인당 에너지 사용량(EN)에 따른 1인당 CO₂ 배출량의 변화를 살펴보면, 모든 국가에 대해서 통계적으로 유의하면서 양(+)의 부호를 가지는 것으로 나타나, 앞 장의 모형설정에서의 예측과 부합하였다. 각 국가의 1인당 에너지 소비량이 1% 증가(감소)함에 따라 1인당 CO₂ 배출량의 증가는 미국, 캐나다, 멕시코, 미국 각각 약 1.2%, 1.5%, 1%씩 증가(감소)하는 것으로 나타났으며, NAFTA 3개국 전체는 약 1.2% 증가(감소)하는 것으로 분석되었다.

[그림 3]을 살펴보면, 캐나다와 미국의 경우 1979년 제2차 오일쇼크로 1인당 에너지 소비량이 큰 폭으로 하락하였다가 조금씩 상승과 하락을 반복하며 소폭 상승추세에 있었으나, 1994년 NAFTA 발효 이후 약 10여 년 간 소폭 상승하다가 그 이후 크게 하락하는 추세에 있는 것을 볼 수 있다. 이와 반대로 멕시코의 경우 1970년대 말 큰 폭으로 1인당 에너지 소비량이 증가하였으며, 그 이후 소폭의 상승세를 보이고 있다. 그러나 [그림 3]에서도 볼 수 있듯이 멕시코의 에너지 소비량은 캐나다와 미국의 에너지 사용량에 비해 현저히 작기 때문에 NAFTA 지역 전체의 1인당 에너지 소비량은 NAFTA 발효 직후인 1994년 이후 일정 수준을 유지하다가 2005년 이후 하향추세가 커지는 것을 알 수 있다.

이는 NAFTA 발효 이후인 1994년부터 2000년대 초반까지는 각 국가의 에너지 소비 산업의 구조 전환기이기 때문인 것으로 해석 가능하다. 전환기 이후 멕시코는 제조업 중심의 에너지 다소비 산업이 증가하여 에너지 소비량이 증가하고, 선진국인 캐나다와 미국은 저탄소 기반 산업으로 전환을 통해 에너지 소비량이 감소하는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 NAFTA 지역 전체의 에너지 소비량은 협정체결 이후 각 국가의 산업 전환기를 거쳐 2000년대 초반 이후 급격하게 감소하여 CO₂ 배출량은 에너지 소비량 1% 감소에 따라서 1.2%씩 감소하는 추세에 있는 것으로 분석된다.

[그림 3] NAFTA 3개국의 1인당 에너지 소비량 변화추이



자료 : World Bank, World Development Indicator(2014)

마지막으로 NAFTA의 체결이 CO₂ 배출량에 직접적인 영향을 주었는지에 대한 분석에서는 모든 경우에 대해 통계적 유의성을 가지지 못하는 것으로 나타났다. 즉, NAFTA의 체결이 온실가스 배출에 직접적인 영향을 미쳤다고는 볼 수 없었다. 이는 앞에서 언급한 FTA와 환경오염 간의 관계에 대한 실증분석 연구의 두 가지 견해가 직접적으로 나타난다는 증거를 찾을 수 없는 결과이다. 이는 FTA가 그 지역 전체의 환경오염을 감소시키는 역할을 했다는 의견과 FTA로 인해 선진국의 환경오염은 감소하고 개발도상국의 환경오염은 가중된다는 의견이 NAFTA 지역에서는 직접적으로 그 영향으로 나타났다고 볼 수 없음을 의미한다. 이러한 결과는 NAFTA에 따른 환경적 영향이 경제성장 관련 변수(GDP 및 에너지소비량)에 반영되어 나타나 상쇄되었기 때문인 것으로 판단된다.

3. 단기적 영향 분석

국민소득 및 에너지소비량, 무역자유화 등 경제변수의 CO₂ 배출량에 대한 단기적 영향을 분석하기 위한 식 (4)를 추정한 결과는 <표 4>에서 볼 수 있다. 단기적으로 소득은 멕시코와 미국의 경우 CO₂ 배출에 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 캐나다의 경우에는 그 영향이 통계적 유의성이 없는 것을 알 수 있다. NAFTA 지역 전체의 소득증가는 장기적으로 CO₂ 배출량을 감소시키는 효과가 있는 것으로 나타났던 것과는 달리 단기적으로는 소득의 증가에 따른 CO₂ 배출량의 감소를 통계적으로 입증할 수 없는 것으로 나타났다.

에너지 소비량이 CO₂ 배출량에 미치는 단기적 영향은 장기적 영향과 마찬가지로 모든 국가에 대해 통계적으로 유의한 것으로 나타나고 있다. 이는 에너지 소비량이 장기뿐만 아니라 단기적으로도 환경의 질에 가장 큰 영향을 미치고 있음을 의미한다. 장기에서와 마찬가지로 NAFTA의 체결은 단기적으로도 CO₂ 배출에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

<표 4>의 결과에서 오차수정항(ec_{t-1})의 계수는 모든 경우에 대하여 5% 신뢰수준에서 통계적으로 유의하며 음의 부호를 갖는 것으로 나타났다. 이는 CO₂ 배출과 관련된 새로운 정책 도입 등에 따른 충격에도 CO₂ 배출은 단기 조정과정을 통해 장기적으로 균형을 이루게 됨을 의미하는 것이다. 오차수정항계수의 절대값은 장기균형을 이루기 위한 단기조정과정의 속도를 나타낸다. 즉, 캐나다 CO₂ 배출량의 오차수정항 계수는 -0.366으로 이는 시스템 내의 어떠한 충격이 발생할 경우 1년 동안 CO₂ 배출량이 약 36.6% 정도씩 장기균형 관계로 조정됨을 의미한다. 이는 충격에 따른 장기불균형을 수정하기 위하여 약 2.7년 이상($1년/0.366 = 2.73분기$)이 소요된다는 것을 의미한다. 또한 오차수정항의 계수가 통계적으로 유의하며 음의 부호를 나타내는 것은 앞에서 설명한 것과 같이 F -한계검정으로 변수 간 공적분 관계의 존재 유무에 대한 결론을 내릴 수 없는 경우(미국과 3개국 전체)의 변수 간 공적분 관계가 성립하고 있음을 보여주는 것이다.

〈표 4〉 CO₂ 배출량의 단기영향계수 추정결과

변수	캐나다	멕시코	미국	3개국 전체
ΔY_t	-0.006 (-0.129)	0.310 (2.208)**	0.186 (1.207)	-0.033 (-1.615)
ΔY_{t-1}			-0.082 (-0.570)	
ΔY_{t-2}			0.309 (1.832)*	
ΔY_{t-3}			0.223 (0.965)	
ΔEN_t	0.543 (3.553)**	0.970 (4.314)**	0.969 (9.856)**	1.074 (18.325)**
ΔEN_{t-1}			0.075 (0.218)	
ΔEN_{t-2}			-0.012 (-0.043)	
ΔEN_{t-3}			0.096 (0.443)	
ΔEN_{t-4}			0.499 (3.132)**	
FTA_t	-0.155 (-0.855)	-0.009 (-0.343)	0.006 (0.965)	0.001 (0.168)
ec_{t-1}	-0.366 (-3.056)**	-1.019 (-6.599)**	-0.681 (-2.892)**	-0.419 (-3.727)**

주 : 괄호 안의 수는 t-통계값을 나타냄.

**, *는 각각 5%, 10% 유의수준에서 유의함을 나타냄.

IV. 결 론

전 세계적으로 FTA의 체결이 급속하게 증가하고 있는 가운데 FTA에 따른 세계 경제의 통합과 지역 간 경제성장이 일어나면서 FTA와 환경과의 상관관계에 대한 관심도 커지고 있다. 최근까지의 연구들에 따르면 FTA와 환경오염 간의 관계에 대한 실증분석 연구 결과는 크게 FTA가 그 지역 전체의 환경오염을 감소시키는 역할을 한다는 견해와 FTA로 인해 선진국의 환경오염은 감소하고 개발도상국의 환경오염은 가중된다는 견해로 양분되어 있다. 이에 따라 본 연구는 FTA의 발효가 실질적으로 그 지역 전체와 각 개별 국가의 환경오염에 어떤 영향을 주었는지를 NAFTA 지역 사례를 분석하여 살펴보는데 그 목적을 두었다. 이를 위하여 ARDL 모형을 사용하였으며, 그 결과는 다음과 같았다.

소득과 CO₂ 배출량의 장기적 관계를 살펴보면 미국과 멕시코의 경우 환경쿠즈네츠 가설이 성립하는 것으로 나타났으나, 캐나다는 그 결과가 통계적으로 유의하지 않았다. 또한 장기적으로 NAFTA 3개국 전체의 소득과 CO₂ 배출의 관계는 통계적으로 유의하면서 음(-)의 부호를 갖는 것으로 나타났다. 이는 미국과 캐나다의 소득증가에 따른 CO₂ 배출량의 감소가 멕시코의 소득증가에 따른 CO₂ 배출량의 증가를 압도하기 때문인 것으로 해석된다.

에너지 사용량과 CO₂ 배출량의 장기적 관계를 살펴본 결과 NAFTA 3개국 모두에 대해서 통계적으로 유의하면서 양(+)의 부호를 가지는 것으로 나타나, 에너지 소비량의 증가 또는 감소가 CO₂ 배출량의 증가 또는 감소를 가져오는 것으로 나타났다. NAFTA 3개국의 데이터를 바탕으로 에너지 소비량 추이를 살펴본 결과 캐나다와 미국의 경우 NAFTA 발효 이후 약 10여 년간 산업구조 전환기를 거쳐 에너지 소비량이 크게 하락한 것으로 나타났으나, 멕시코는 에너지 소비량이 지속적으로 상승한 것으로 나타났다. 그러나 멕시코의 에너

지 소비량은 캐나다와 미국의 에너지 사용량에 비해 현저히 작기 때문에 NAFTA 지역 전체의 에너지 소비량은 NAFTA 발효 후 산업구조 전환기를 거쳐 2005년 이후 하향추세가 커지는 것을 알 수 있었다.

NAFTA의 체결이 CO₂ 배출량에 직접적인 영향을 주었는지에 대한 분석에서는 모든 경우에 대해 통계적 유의성을 가지지 못하는 것으로 나타났다. 이는 FTA 체결이 CO₂ 배출에 미치는 영향이 GDP 및 에너지소비량 등 경제성장 관련 변수에 의해 상쇄되었기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 NAFTA의 체결이 온실가스 배출에 직접적인 영향을 미쳤다고는 볼 수 없었다.

단기적 영향에 대한 분석 결과, 소득은 멕시코와 미국의 경우 CO₂ 배출에 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 캐나다의 경우에는 그 영향이 통계적 유의성이 없었다. NAFTA 지역 전체의 소득증가는 장기적으로 CO₂ 배출량을 감소시키는 효과가 있는 것으로 나타났던 것과는 달리 단기적으로는 소득의 증가에 따른 CO₂ 배출량의 감소는 통계적으로 유의하지 않았다. 에너지 소비량이 CO₂ 배출량에 미치는 단기적 영향은 장기적 영향과 마찬가지로 모든 국가에 대해 통계적으로 유의한 것으로 나타나 에너지 소비량이 장기뿐만 아니라 단기적으로도 환경에 가장 큰 영향을 주는 요인으로 분석되었다. 또한 장기에서와 마찬가지로 NAFTA의 체결은 단기적으로도 CO₂ 배출에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그리고 오차수정항(ec_{t-1})의 계수가 모든 경우에 대해 통계적으로 유의하며 음의 부호를 나타내고 있어 CO₂ 배출과 관련된 새로운 정책 도입 등에 따른 충격에도 CO₂ 배출은 단기조정과정을 통해 장기적으로 균형을 이루게 됨을 알 수 있었다.

본 연구는 다음과 같은 한계점이 있다. NAFTA 지역의 사례분석에 한정하여 거시자료만을 가지고 FTA와 경제성장이 환경오염에 미치는 영향을 분석했다는 것이다. 따라서 다양한 FTA 지역을 대상으로 한 패널분석과 미시 데이터를 이용한 산업단위 분석 등의 연구를 향후 진행될 연구의 몫으로 남겨두기로 한다.

접수일(2015년 2월 2일), 수정일(2015년 2월 22일), 게재확정일(2015년 3월 13일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

- Akinlo, A.E. 2008. "Energy consumption and economic growth: evidence from 11 African countries." *Energy Economics* 30: 2391-2400.
- Agras, J., and D. Chapman. 1999. "A Dynamic Approach to the Environmental Kuznets Curve Hypothesis." *Ecological Economics* 28(2):267-277.
- Antweiler, W., B.R. Copeland, and M.S. Taylor. 1998. Is Free Trade Good for the Environment? NBER Working Paper No.6707.
- Baek, J., and H.S. Kim. 2011. "Trade Liberalization, Economic Growth, Energy Consumption and the Environment: Time Series Evidence from G-20 Economies." *Journal of East Asian Economic Integration* 15:3-32.
- Baek, J., Y. Cho, and W.W. Koo. 2009. "The Environmental Consequences of Globalization: A Country-Specific Time-Series Analysis." *Ecological Economics* 68:2255-2264.
- Chang, S-C. 2013. "The Effects of Trade Liberalization on Environment Degradation." *Quality and Quantity*, DOI 10.1007/s11135-013-9984-4.
- Dinda, S., and D. Coondoo. 2006. "Income and Emission: A Panel Data-Based Cointegration Analysis." *Ecological Economics* 57:167-181.
- Engle, R. F. and C. W. J. Granger. 1987. "Cointegration and Error Correction Representation: Estimation and Testing", *Econometrica* 55:251-276.
- Friedl, B., and M. Getzner. 2003. "Determinants of CO₂ Emission in a Small Open Economy." *Ecological Economics* 45:133-148.
- Glasure, Y.U., and A.R. Lee. 1997. "Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and energy: the case of South Korea and Singapore." *Resource and Energy Economics* 20: 17-25

- Grossman, G.M., and A.B. Krueger. 1991. Environment Impacts of a North American Free Trade Agreement. NBER Working Paper No.3914.
- Heil, M.T., and T.M. Selden. 1999. "Panel Stationarity with Structural Breaks: Carbon Emissions and GDP." *Applied Economic Letter* 6:223-225.
- Johansen, S. 1995. *Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Model*, Oxford: Oxford University Press.
- Kraft, J., and A. Kraft. 1978. "On the relationship between energy and GNP." *Journal of Energy and Development* 3: 401-403.
- Kozul-Wright, R., and P. Fortunato. 2012. "International Trade and Carbon Emissions." *European Journal of Development Research* 24:509-529.
- Managi, S., and P.R. Jena. 2008. "Environmental Productivity and Kuznets Curve in India." *Ecological Economics* 65:432-440.
- OECD, StatExtracts. 2014. Website <http://stats.oecd.org/index.aspx> Accessed November 8, 2014.
- Pesaran, M. H. and Y. Shin. 1999. "An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis", In S. Strom, ed. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Pesaran, M. H., Y. Shin and R. J. Smith. 2001. "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships", *Journal of Applied Economics* 16:289-326.
- Shafik, N. 1994. "Economic Development and Environmental Quality: An Economic Analysis." *Oxford Economic Papers* 46:757-773.
- Soytas, U., and R. Sari. 2006. "Energy consumption and income in G-7 countries." *Journal of Policy Modeling* 28(7): 739-750.
- University of Pennsylvania, Penn World Table 7.1. 2014. Website https://pwt.sas.upenn.edu/php_site/pwt71/pwt71_form.php Accessed May 26, 2014.
- World Bank, World Development Indicator. 2014. Website <http://databank.worldbank.org/data/views/variableSelection/selectvariables.aspx?source=world-development-indicators>

경제성장과 자유무역협정이 CO₂ 배출에 미치는 영향: NAFTA 지역에 대한 시계열분석

Accessed February 15, 2014.

Yu, E.S.H., and J.Y. Choi. 1985. "The causal relationship between energy and GNP: an international comparison." *Journal of Energy and Development* 10: 249-272.

ABSTRACT

Impacts of Economic Growth and Free Trade Agreement on CO₂ emissions: Time Series Evidence from NAFTA Countries

Hyun Seok Kim*

The objective of this research is to find impacts of free trade agreement on CO₂ emissions from time series evidence of NAFTA countries. The autoregressive distributed lag cointegration approach is used to estimate the long- and short-run relationship between CO₂ emissions and economic growth variables such as income, energy consumption and FTA. The results show that income and energy consumptions have impacts on CO₂ emissions for all NAFTA countries except income for CANADA. However, there is no statistical evidence of direct impacts of FTA on CO₂ emissions.

Key Words : Autoregressive Distributed Lag Model, CO₂ Emissions, Free Trade Agreement

JEL Codes: C22, Q54, Q56

* Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Kyungpook National University. hyun.kim@knu.ac.kr