

외국인투자가 탄소배출량에 미치는 영향분석: 패널 VAR 모형을 이용한 분석*

류승우
부산대학교 무역학부

이양기
부산대학교 무역학부 교수

김능우
부산대학교 경제통상연구원 연구원

Analysis of the Influence of Foreign Direct Investment on Carbon Emissions: Analysis Using Panel VAR Model

Sung-Woo Ryoo^a, Yang-Kee Lee^b, Neung-Woo Kim^c

^aDepartment of International Trade, Pusan National University, South Korea

^bDepartment of International Trade, Pusan National University, South Korea

^cInstitute of Economics and International Trade, Pusan National University, South Korea

Received 11 January 2019, Revised 22 February 2019, Accepted 26 February 2019

Abstract

The purpose of this study is to investigate the relationship between foreign investment and carbon emissions in the Korean electricity sector, the causal relationship between the foreign investment invested in the electric power sector in the 16 regional regions and the carbon emissions in the region. The purpose of this study is to analyze the effects of foreign investment on these sectors and the carbon footprint of these sectors using Panel Random Effect Analysis, Panel VAR and OLS models. A panel analysis of foreign investment and regional carbon emissions showed that there was a causal relationship. Based on this analysis, OLS analysis showed that 7 out of 16 metropolitan areas were foreign investment And carbon emissions were significant. In the remaining six regions except Gwangju, there was a causal relationship between foreign investment in the local power sector and the reduction of carbon emissions. After categorizing the electric power industry by device, process, purpose and number of employees, causality also appeared in relation to foreign investment in these sectors and their carbon emissions. Through this study, the authors suggest that foreign investment can be a way to solve not only the financial burden of carbon emission problem, but also the development of national economy and industry through the inflow of capital and advanced new technology.

Keywords: Carbon Emissions, FDI power sector, Panel Random Model, Panel VAR Model

JEL Classifications: F64, H59

* 이 과제는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

a First Author, E-mail: vilterkrcorp@yahoo.com

b Corresponding Author, E-mail: yangkee21@pusan.ac.kr

c Co-Author, E-mail: rlasmdn@pusan.ac.kr

© 2019 The Korea Trade Research Institute. All rights reserved.

I. 연구의 배경 및 목적

지구온난화에 따른 대형 참사가 매년 주기적으로 발생되고 있다. 2011년 쓰나미로 인한 일본 후쿠시마 원전폭발사건과 같이 자연재해가 대형 참사로 이어지는 경우뿐만 아니라 약 30만 명이 희생된 수단과 다르푸르 분쟁¹⁾과 같이 강수량 감소가 원인이 된 전쟁이 발생하기도 한다. 해수면 상승으로 인해 태평양의 일부 섬들은 물에 잠기고 있다.

한국의 경우 여름은 갈수록 더욱더 더워지는 추세이고 여름에 40C를 넘나드는 곳이 한 두 곳이 아니다. 가까운 일본도 폭염으로 인한 희생자가 매년 증가하고 있는 실정이다. 파키스탄은 2018년 50도가 넘는 기온을 기록하기도 하였다. 세계에서 제일 더운 기록을 남긴 캘리포니아 데스밸리는 7월 평균 43도를 기록하고 있다. 지구온난화로 인해 지구는 점차적으로 인간이 생존하기 힘든 환경으로 변해가고 있다. 이 모든 원인이 지구온도 상승에 있으며 지구온도 상승의 주된 원인이 바로 화석연료라는 주장이 힘을 얻어가고 있다.

세계에너지 소비의 80%가 석탄, 석유, 가스 등 화석연료이며 화석연료의 주된 성분은 바로 탄소이다. 화석연료를 연소시키면 그 중 80%는 탄소가 변환되어 대기 중으로 날아가 온실과 같은 막을 형성하고 지구에서 방출되는 에너지를 흡수하여 다시 지구로 재방출하기 때문에 지표면의 온도를 상승시키는 주된 원인이 되고 있다. 이러한 온실가스의 약 80%가 탄소가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 따라서 화석연료의 사용은 바로 지구온난화와 직결된다고 할 수 있다. 우리가 환경 보호 뿐만 아니라 인류의 생존을 위해서라도 화석연료의 사용을 대처할 새로운 대체에너지와 탄소방출을 감소하는 기술을 개발하는 것이 필수적인 과제인 이유가 바로 여기에 있다.

최근 파리협약(2015)²⁾은 지구온난화로 인한

자연재해와 국가 간 및 국가 내 지역 간 갈등의 심각성을 깨닫고 탄소배출을 줄이기 위한 전 세계적인 노력의 산물이라 할 수 있다. 2020년 효력을 다하는 교토의정서(1997)³⁾을 대신하는 새로운 기후 협약으로 선/후진국을 막론하고 모두 탄소배출량 감소에 대한 의무를 규정하고 있다.

이산화탄소 배출과 관련된 파리협약에 따라 선진국뿐만 아니라 후진국까지 그 의무를 부담하여야 한다. 후진국의 경우 선진국보다 재정적으로 탄소감축을 위한 투자가 더 힘든 상황임은 의심할 여지가 없으나, 최근 재정적 부담 없이 국외 기업의 자본을 끌어 들여 에너지 인프라를 구축하는 나라들의 예를 많이 볼 수 있다. 대표적으로 인도와 방글라데시의 경우 자국 산업에 부족한 에너지를 외국인직접투자(Foreign Direct Investment)를 이용하여 해결하고 있다.

외국인투자는 차관이나 원조와는 달리 이자 부담이나, 반대급부를 제공해야 하는 의무가

에서 타결되었다. 교토의정서와는 다르게 국제법적 구속력(2016.11 이후)을 갖는 협약이다. 또한 선진국에만 감축의무를 부과하지 않고 개발도상국도 포함되는 전 세계적인 국제협약이다. 세계탄소배출량의 87%를 배출하는 200여국이 현재 참여하고 있다. 미국은 2016년 오바마 때 비준하였으나, 2017년 6.트럼프 때 탈퇴 선언. 한국은 탄소배출 세계 7위로 2030년 전망치의 37%를 2023년까지 감축하겠다는 계획안을 제출함. 적용은 교토의정서가 만료되는 2020년부터 발효되고 매년 5년마다. 새로운 자발적 감축기여 목표 할당량(INDC: Intended Nationally Determined Contributions)을 제출하여야한다.

3) 교토의정서 또는 Kyoto Protocol: 지구온난화규제 및 방지를 위한 국제협약인 기후변화협약의 수정안. 이 의정서를 인준한 국가는 이산화탄소를 포함한 여섯 종류의 온실가스의 배출을 감축하여야 하며, 줄이지 않는 국가에 대해서는 비관세장벽을 적용하게 된다. 한국은 2002년 11월 국회가 조약을 비준함. 그러나 개발도상국으로 분류(당시 OECD국가 중 한국과 멕시코 만 Non-Annex 1로 분류) 되어 온실가스 감축의무는 없었고 대신 공동의무인 국가통계작성 및 보고 의무는 부담하고 있다. 이 교토의정서는 2005년 효력이 발효되는 것으로 되어있었으나 미국은 2001년 탈퇴함. 중국과 인도(배출량3위)는 많은 탄소배출국임에도 개발도상국이라는 이유로 감축의무가 면제되었고 이에 불만을 품은 캐나다가 2011.12월 탈퇴, 러시아와 일본이 2012년 탈퇴하였다. 결국 전 세계탄소 배출량의 15%미만이 나라들만 남게 되었다.

1) 온난화로 인한 기온상승으로 인도 상공에서 만들어지던 계절성 열대 몬순(장마)이 사라지면서 강수량이 감소하면서 수단북부의 아랍계의 목축민과 남부 농업 종사 흑인사이에 물을 두고 2003년부터 벌어진 분쟁.

2) 2015.12. 세계 195개국이 채택하고 유엔기후변화협약

없고, 투자한 기업에 대해 인센티브를 제공하고 투자기업이 피투자국(host country)에서 이익을 낼 수 있는 환경을 최대한 조성해 주기만 하면 된다. 이러한 장점으로 인하여 외국인직접투자는 세계적으로도 경제성장과 활성화를 이끄는 대안으로 떠오르고 있다(Hanni et al., 2011).

전 세계적으로 총 외국인투자액 중 전력부문에 대한 투자는 11%를 차지하고 있다(UNCTAD, 2013). 최근 국내에도 전력과 가스 등 에너지 부문에 대한 외국인투자가 증가하고 있는 추세이다. 그러나 OECD 국가 중 아직 국내 외국인투자 유입실적은 최하위에 머무르고 있는 실정이다. 국내에 유입된 투자도 서울, 경기, 충청 등 수도권에 투자지역이 편중되는 현상을 보이고 있다. 이는 그만큼 중앙정부와 지방정부가 외국인투자의 중요성을 인식하지 못하고 있을 뿐만 아니라 최근 온난화로 인한 기후변화에 따른 국제적인 에너지 환경변화에 적응하기 위해 외국인 투자로 자국의 에너지 문제를 해결하는 다른 나라와 비교할 때 국가 에너지산업 투자유치 전략의 부재함을 단적으로 보여주는 예라고 하겠다.

한국의 경우 파리협정 이후 특히 짧은 기간에 의무적으로 탄소배출을 감소시켜야 하는 상황에서 향후 탄소배출 부문에 대한 투자는 피할 수 없는 과제이나, 여기에는 막대한 재정적 부담이 따른다. 이러한 세계 각국에서 적극적으로 선호되고 있는 외국인투자자금 유치는 우리가 선택 할 수 있는 중요한 대안 중 하나이다(UNCTAD, 2010).

따라서 본 연구는 시계열 데이터(Time Series)와 횡단면(Cross-Section)을 이용한 패널분석과 OLS(Ordinary Least Square)을 채택하여 국내에 각 지역에 유입된 외국인투자 중 특히 전력부문에 유입된 투자액과 지역별 탄소배출량과의 관계를 살펴보고자 한다. 첫 번째로 국내전력부문에 투자한 각 지역 외국인투자액과 해당 지역별 탄소배출량간의 관계를 살펴 볼 것이다. 두 번째로 산업을 기능별, 공정별, 설비별, 업종별, 종업원수별로 나누어 외국인투자와 탄소배출량과의 관계도 고찰할 것이다. 국내에 유입된 외국인투자금액이 크지 않은 현실점에 이러한 연구는 인과관계의 신뢰성이 떨어질 수도 있다는 한계가

있다. 그러나 탄소배출 부문에 대한 국내기업이나 정부의 투자도 크게 활성화되지 않은 상태이기 때문에 외국인 투자로 인한 영향을 무시할 수도 없는 상황이다. 따라서 분석 데이터의 신뢰성을 통계적으로 최대한 검증하고 그 한계점을 전제로 인과관계를 분석하고자 한다.

II. 선행연구

외국인 투자와 탄소배출량과 관련된 선행연구는 국내에서는 드문 편이다. 특히 본 연구와 같이 에너지부문에 대한 지역별 외국인투자각 지역의 탄소배출량에 미친 영향여부와 산업내에서 기능별, 공정별, 종업원 수별로 탄소배출량에 미친 영향을 연구한 경우는 전무하다 하겠다. 에너지 부문에 대한 외국인투자와 관련된 연구는 외국인투자가 자국의 부족한 에너지공급증대와 경제성장에 미친 영향 등이 대부분이다.

전 세계적으로 총 외국인투자액 중 전력부문에 대한 투자는 전체 투자액의 11%를 차지하고 있으며 특히 재생에너지 부문에 많은 투자가 있고 그 비중은 점점 증가하고 있다(UNCTAD, 2013). 지구온난화에 대응해야 하는 세계적인 공동책임의식이라는 관점에서 한국의 경우 전력부문에 대한 외국인 투자 유치로 탄소배출감소효과를 재정적 부담 없이 실현할 수 있는가의 대한 여부를 살펴보는 것은 큰 의미가 있다고 하겠다.

외국인투자와 탄소배출량과 관련된 국내의 논문을 먼저 외국인투자와 탄소배출량관계로 살펴보면 오승환 외 (2015)는 외국인직접투자가 투자 받은 국내기업의 탄소누출에 어떤 영향을 미쳤는지에 대한 연구를 1998년부터 2005년 사이 한국으로 유입된 외국인 투자 기업들 대상으로 진행하였다. 탄소유출규제가 심한 선진국으로부터 규제가 상대적으로 느슨한 국가로의 규제회피성 외국인 투자가 아닌가에 중점을 둔 연구로, 연구자는 투자의 주체를 선진국과 개도국으로 나누고 이에 따른 국내 피투자기업의 성과차이를 분석하였다. 그 결과 투자주체에 따라 성과가 달라지는 것으로 나타났으며, 특히 에너

지 사용량에 있어 선진국 투자기업이 개도국 투자기업보다 더 많은 에너지를 사용하고 있다고 나타났고, 이는 투자자가 자국의 엄격한 탄소배출 규제를 회피하기 위해 해외투자를 한다는 증거가 된다는 주장을 하였다.

외국인투자가 GDP에 미친 영향과 이로 인한 탄소배출량과의 관계를 분석한 연구로 Acharyya (2009)는 1980-2003년간 인도의 GDP 성장에 대한 외국인직접투자 유입의 효과와 이 기간 동안 탄소배출량의 관계를 분석하였다. 인도는 이 기간 동안 외국인투자유치는 성장에 긍정적인 영향을 미쳤으나 동시에 탄소 배출에도 상당한 영향을 미쳤으며, 이 기간 동안 인도는 세계 4위의 탄소배출량을 기록하였고, 더 심각한 것은 외국인투자로 경제가 활성화 될수록 더 많은 탄소배출이 예상된다고 주장했다.

Pao (2011)는 1980~2007년에 BRIC국가를 대상으로 패널 공적분 기법을 사용하여 경제 성장과 금융 발전이 환경 파괴에 미치는 영향을 다루었다. 러시아를 제외하고(1992-2007) 장기균형 측면에서 이산화탄소 배출은 에너지 소비와 외국인직접투자에 탄력적인 결과를 보였다고 주장하였다. 이 주장은 환경쿠즈네츠곡선(Environmental Kuznets Curve)가설을 뒷받침하고 있다. 인과관계 결과는 탄소배출과 외국인직접투자 사이의 강력한 양방향 인과성이 나타났고 성장과 외국인직접투자간 일방향의 강한 인과 관계가 존재하는 것으로 나타났다. 즉 투자국들은 자국의 탄소배출 규제를 회피하기 위해 BRIC를 오염 피난처로 삼고 있다는 것이다. 따라서 이들 국가들뿐만 아니라 각국이 외국인직접투자를 유치함에 있어 특히 개발도상국은 환경피해를 막기 위해 외국기업과 피투자기업간 조화된 노하우 및 기술이전 등 외국인 투자요건을 엄격히 검토하거나 환경보호를 촉진해야한다고 주장하였다.

Shahbaz et al. (2015)는 다변량 구조하에서 경제 성장과 에너지 소비가 중·저소득국가에서는 환경 파괴의 결정적인 요인으로 작용한다고 주장한다. 특히 필자는 이들 국가군에서의 외국인직접투자과 환경 파괴의 비선형 상관 관계조사에 중점을 두고, 분석에 사용된 모든 변수에 대해 패널단위근 검정과 공적분 기법을

적용하였다. 연구결과 외국인직접투자는 피투자국의 환경 파괴를 증가시켜왔는데 이는 투자자 자국의 환경규제를 피해 규제가 느슨한 지역에 회피투자 하는 오염 피난 가설(Pollution Haven Hypothesis)이 확인되는 증거라고 주장하고 있다. 또한 이산화탄소 배출량과 외국인직접투자 간의 양방향 인과 관계는 전 세계적으로 관찰된다고 주장하였으나 이러한 현상은 국가의 소득격차 즉 선/후진국과 지역적 격차에 따라 분석에 민감한 결과를 나타낸다는 것을 전제하고 있다.

Hoffmann (2005)는 약 112개국을 대상으로 1971~1999년, 약 15년간의 패널데이터를 이용한 외국인투자와 환경오염에 관한 인과관계분석(Granger Causality test)을 통해 피투자국의 경제수준에 따라 다른 결과를 보이고 있다고 주장하였다. 연구에 따르면 저소득과 중간소득 국가에서는 CO2와 FDI간 인과관계가 나타났으나 고소득국가군에서는 그랜저 인과 관계가 발견되지 않았다

Zhang et al. (2016)는 최근 외국인직접투자와 이산화탄소 간의 관계에 관심을 가지고 국가 및 지역수준에서 중국 지역별 외국인투자와 이산화탄소 배출량의 관계를 조사하였다. 1995~2010년까지의 지방별 인구, 부유층 및 기술수준 등을 변수로 패널데이터를 구성하여 분석한 결과, 외국인직접투자가 이산화탄소 배출에 영향을 미치고 있으나, 경제수준에 따른 차이가 있고 친환경적이고 앞선 기술을 보유하고 있는 외국인투자가 탄소배출을 줄이는 것에는 공감하였다.

Chandran et al. (2013)는 운송 부문의 에너지를 중심으로 ASEAN-5 국가의 이산화탄소 배출에 대한 외국인 직접 투자와의 관계를 공적분 및 Granger 인과 관계기법을 적용하여 분석하였다. 이산화탄소 배출량증가의 결정적 요인이 인도네시아, 말레이시아 및 태국에서는 공동으로 나타나고 있으며, 장기 탄력성 평가에서는 소득과 운송 에너지 소비는 이산화탄소 배출에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났지만 외국인직접투자는 탄소배출에 영향을 주지 않은 것으로 나타났다. 따라서 정책 적으로 운송 부문의 에너지 소비를 통제하면 이산화탄소

배출량을 크게 줄일 수 있다고 주장하였다.

Omri et al. (2014)는 1990~2011년까지 세계 54개국에 대한 패널 모형을 사용하여 이산화탄소 배출량, 외국인직접투자 및 경제 성장 간의 인과 관계를 조사하였다. 또한 유럽, 중앙아시아, 라틴 아메리카와 카리브해, 중동, 북아프리카, 사하라 사막 이남의 3개 지역에 대한 패널 분석도 시도하였다. 분석 결과 외국인직접투자 유입과 경제 성장, 그리고 외국인직접투자와 이산화탄소배출 사이의 양방향 인과 관계가 유럽과 북아시아를 제외한 모든 패널에서 나타났다고 주장한다. 필자는 또한 중동, 북아프리카 및 사하라 이남의 패널을 제외하고 이산화탄소 배출에서 경제성장으로 이어지는 일방향성 인과 관계가 나타나는 것으로 보았다.

Ren et al. (2014)는 2000~2010년 동안 중국의 무역에 사용된 이산화탄소의 배출량 계산하고 이것이 경제성장과 인과관계가 있는지에 대한 연구를 하였다. 산업 패널 데이터를 기반으로 2단계 GMM 추정법으로 외국인직접투자, 무역개방성, 수출, 수입 및 1인당 소득을 독립변수로 하여 이들이 이산화탄소 배출에 영향을 미치는지를 파악하였다. 그 결과 중국의 무역 흑자가 급속하게 증가할수록 이산화탄소 배출도 증가하는 경향을 보였다. 대규모 외국인직접투자 유입은 중국의 이산화탄소 배출량을 더 악화시키며 산업 부문의 1인당 소득과 이산화탄소 배출 관계는 역 U환경쿠즈네츠곡선을 나타내었다. 그러므로 환경적으로 지속가능한 경제 발전을 이루기 위해서는 중국은 무역 성장 양식을 바꾸고, 외국인투자 구조를 조정하고, 에너지효율을 높임으로써 저탄소 경제를 발전시키기 위한 노력을 기울여야 한다고 주장하고 있다.

Al-mulali et al. (2012)는 중동 12개국의 이산화탄소 배출에 영향을 미치는 주요 요인을 조사하였다. 1990~2009년의 기간 동안 이집트, 이란, 요르단, 쿠웨이트, 레바논, 오만, 카타르, 사우디아라비아, 시리아, UAE, 그리고 예멘 아랍 공화국을 대상으로 패널을 구성하여 분석한 결과 1차 에너지 소비, 외국인직접투자순유입, GDP, 무역 등의 변수는 이산화탄소 배출량을 증가시키는 중요한 요인으로 나타났다.

앞에서 살펴본 바와 같이 외국인 투자와 탄

소배출과 관련된 대부분의 선행연구들이 외국인투자가 자국의 탄소배출과 관련된 환경규제를 회피하기 위한 전략으로 제 3국으로의 투자를 선택하고 있다는 주장이 대부분이다. 그러나 최근의 외국인투자의 상당부분이 전력과 신재생에너지 분야에 투자되고 있고 이들 선진기술들은 탄소 저감과 직결되고 있는 실정이다. 특히 2015년 파리협약으로 전 세계적으로 탄소 저감은 의무화되고 있고 이들에 대한 신기술은 대부분 선진화된 국가로 부터의 외국인직접투자자도 파급되고 있다. 또한 환경규제회피수단으로서의 외국인투자는 선행연구에서도 지적되었듯이 국가별 소득수준과 경제성장 정도에 따라 다른 결과를 보이고 있고, 지역 내에서도 소득 수준에 따라 탄소배출량에 미치는 영향을 달리하고 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 최근 실제로 환경과 관련된 국제협약과 이에 따른 산업 환경변화가 외국인투자자들에 의해 선도되고 있고 이들에 의한 전력 및 신재생에너지 부문에 대한 투자는 탄소배출량을 감소시키는 결정요인이 될 수 있다는 취지에서 기존의 선행연구들과 시점을 달리하고 있다. 무엇보다 기존의 연구가 외국인투자의 정확한 투자분야를 특정하지 상황에서 산업전반에 대한 전체적인 외국인투자가 탄소배출량에 영향을 미친다는 인과성이 떨어지는 논리에 의존하고 있다. 그러나 본 연구는 특정 지역의 전력부문(신재생에너지 산업을 포함)에 대한 외국인자본 투입(Input)과 그 지역의 탄소배출(Output)의 관계와 전력부문을 기능별, 공정별, 설비별, 업종별, 종업원 수 별로 나누어 그 분야에 대한 외국인투자와 탄소배출량과의 관계를 고찰하는 보다 구체적인 현실성 분석을 한다는 점에서 선행연구들과 분명한 차별성이 있다.

Ⅲ. 패널분석 및 가설검증

1. 모형설정

본 연구에 사용된 데이터는 한국수출입은행의 분야별외국인투자액 중 2004년부터 2016년

까지 12년간 지역별로 전력과 가스, 신재생에너지 등의 전력 부문에 투자된 외국인투자액 그리고 같은 기간 에너지연구원의 그 지역의 탄소배출량 데이터를 시계열데이터로 하고, 전국17개 광역지역을 횡단면으로 하는 패널을 구성한 것이다.

패널 데이터는 순수한 횡단면이나 시계열에 비해 횡단면자료와 시계열자료를 동시에 사용하여 분석하는 방법이다. 무엇보다 관측수가 증가되어 편애된 결과가 도출되는 위험이 감소되고, 좀 더 종합적이고 동태적이며 세밀한 결과를 얻을 수 있다는 특성이 있다 (Baltagi et al., 2000; Hsiao, 1985, 2003). 본 연구의 통계 분석에 사용된 프로그램은 SPSS를 사용하였다.

1) 변수별 안정성 검정(Stationary Test)

(1) 변수의 정규성 검정(Normality Test)

지역별 외국인투자자와 지역별 탄소배출량, 산업별 외국인 투자와 산업별 탄소배출량과의 관계를 분석하는데 사용되는 변수들에 대한 정규성 검정에서 변수들은 모두 정규성(Normality)을 가지는 것으로 나타났다.

(2) 변수의 단위근 검정(Unit Root Test)

분석에 사용된 각각의 변수에 대한 단위근 검정(Levin, Lin & Chut, ADF(Fisher Chi-square, PP(Fisher Chi-square))에서는 단위근이 나타나지 않았다. 그러나 이를 1차분한 후에는 단위근이 보

이지 않는 안정적인 테이터로 나타나 이를 분석에 이용하였다

2) 패널 변수간 공적분 검정 (Panel Co-integration Test)

차분 후 단위근이 제거되면 변수(종속변수와 독립변수)간 균형관계를 파악하기 위해 공적분 검정을 실시한다. 만약 이 검증에서 적어도 1개 이상의 공적분관계가 보이면 변수간 장기적인 안정관계가 인정된다.

2. 분석

본 연구에서 분석하고자 하는 대상은 크게 두 가지이다. 첫째, 지역별 에너지 부문에 대한 외국인투자가 각 투자지역의 탄소배출량에 영향을 미치는 지에 대한 것이다. 둘째, 전력산업을 기능별, 장비별, 공정별로 나누고 이에 대한 외국인투자가 이 각 분야별 탄소 배출량에 어떤 영향을 미쳤나를 파악하는 것이다.

본 연구에서는 패널 고정효과모형(Fixed Effect model), 패널 임의효과모형(Random Effect model), OLS(Ordinary Linear Square), 그리고 패널 VAR를 이용하여 실증분석 할 것이다.

1) 외국인투자자와 지역별 탄소배출량

각 지역별 전력부문에 대한 외국인투자자와 탄소배출량과의 관계는 아래와 같다.

Table 1. Panel Effect (Emission-Region, FDI)

Test type	Variables		Co-Efficient	Probability
	Dependent	Independent		
PANEL Fixed Effect	emission-Region	FDI	-2.58	0.039
PANEL Random Effect	emission-Region	FDI	-0.053	0.033
Hausman			4.45	0.10
Residual Diagnostics	Normality	Jarque-Bera ^{4.14} (prob 0.00)	Durbin Watson	2.1
	R-Squared	0.80	F-Statistic	(0.000)

〈Table 1〉은 각 지역별 외국인 투자와 해당 지역의 탄소배출량의 관계를 종속변수와 독립변수로 패널 분석한 결과이다. 패널 고정효과와 임의효과를 사용하여 각각의 결과를 낸 다음 임의효과모형의 결과값에 대해 하우스만 Test를 실시하였으나 기무가설이 기각되지 못함에 따라 패널 임의효과가 고정효과모형보다 본 분석에서는 더 적합한 모형으로 판단되었다.

종속변수인 지역별 탄소배출량에 대한 종속변수인 전력부문에 대한 외국인투자는 회귀값은 (-)를 나타내고 결과값(Prob-v)이 0.053로 나타나 지역별 탄소배출량에 해당지역별 전력부문에 대한 외국인투자에 의해 영향을 받았음을 나타낸다. 이 모형에 사용된 변수는 log 전환된 값을 사용하였으므로 결과에 나타난 회귀값은 탄력성을 가진다. 따라서 외국인투자 “1” 단위가 증가하면, 탄소배출량이 0.043단위 감소한다는 의미이다.

패널을 이용한 추론은 3가지 유형으로 나누어지는데, Pooled OLS모형, 임의효과모형, 그리고 고정효과모형이다.

Pooled OLS 모형은 모든 횡단면(예: 국가들)은 차이 없이 공통의 상수를 가진다고 가정한다. 그러나 이러한 가정은 패널 모형에서는 현실성이 떨어지는 단점이 있어 단지 고정효과모형과의 적합성 비교를 위한 목적만으로 사용되는 경우가 많다.

고정효과모형은 각각의 횡단면의 특이성을 인정한다. 따라서 독립변수에 영향을 미치는 보이지 않는 변수의 존재를 인정하고 이것을 상수항에 반영하는 모형이다. 즉 고정효과모형에서는 각 횡단면 별로 다른 상수값을 인정한다. 따라서 고정효과모형을 사용할 경우 횡단면(예: 각 도시, 나라, 계절 등)별 특징을 파악할 수 있는 장점이 있다.

고정효과모형은 다음과 같다.

$$Y_{it} = \beta_1 X_{1it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \alpha_i + \epsilon_{it}z \quad (1)$$

α_i ($i=1 \dots n$): is the unknown intercept for each entity (n entity-specific intercepts).

Y_{it} : is the dependent variable (DV) where i = entity, and t = time.

X_{it} : represents one independent variable (IV),

β_1 : is the coefficient for that IV,

u_{it} : is the error term

또 다른 모형인 임의효과모형은 고정효과모형과는 달리 각각의 횡단면 별 고유의 상수항이 고정되어 있다고 보지 않고 이를 확률적 즉 임의적인 것으로 본다. 다시 말해 임의효과모형에서는 관측되지는 않지만 회귀값에 영향을 미치는 변수를 고정효과모형에서는 상수항에 반영하는 것과는 달리 오차 항에 포함시킨다. 따라서 임의효과모형에서는 공통으로 적용되는 공통절편인 상수항 α 와 오차항 ϵ 이 각각 존재한다. 임의효과모형은 다음과 같다.

$$Y_{it} = (\alpha + v_i) + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + (v_i + \epsilon_{it}) \quad (3)$$

α : 공통절편(상수항), ϵ : 오차항

2) 특성효과 검증

(1) 지역특성효과

다음은 각 도시를 더미변수로 하여 도시별 고정효과를 분석해 보았다. 패널 분석에서 지역특성효과는 독립변수가 설명하지 못하는 계수를 말한다. 이는 독립변수가 아닌 다른 요인이 종속변수의 회귀계수를 증감시킨다는 뜻이다. 이 추정계수가 높을수록 분석결과에서 모형에 사용된 독립변수로 설명되지 않지만 회귀값에 영향을 미치는 알 수 없는 뭔가가 더 많이 존재한다는 의미이다.

〈Table 2〉는 지역별 탄소배출량에 대한 지역 특성효과인 추정계수를 나타내고 있다. 이를 검증하는 패널모형 $y_{it} = x_{it} + u_i + v_{it}$ 에서 u_i 와 v_{it} 가 데이터로는 검증되지는 않으나 독립변수 x_{it} 에 영향을 주는 개별특이성이다. 개별특이

Table 2. Cross-Section Estimate Effect ($y_{it}=x_{it}*b+u_j+v_{it}$)

지역	kwangju	daejeon	seoul	Gyeonggi	Chungbuk	jungbuk	jeju
Effect (Cross)	-1.54	-1.58	1.49	1.51	-1.78	-1.82	-1.33

Table 3. Period Estimate Effect

Year	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2016	2017
Effect	1.30	-4.80	-4.80	-4.60	-1.20	-0.50	-0.30	-0.70	-1.20	-0.50

Table 4. OLS Regression Analysis between Foreign Investment in Power Sector and Carbon Emission by Cities

Variable	Co-efficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
CO2_kwangju	1.60E-06	4.2E-07	3.70	0.00
CO2_daejeon	-1.12E-06	2.48E-07	-4.50	0.00
CO2_seoul	-2.24E-08	7.46E-08	-3.00	0.04
CO2_Gyeonggi	-2.69E-06	7.92E-07	-3.40	0.00
CO2_Chungbuk	-3.20E-05	4.77E-06	-6.70	0.00
CO2_jungbuk	-1.14E-05	1.45E-06	-7.90	0.00
CO2_jeju	-1.51E-07	4.10E-08	-3.70	0.00
R ²	0.80	Durbin-Watson Stat	2.30	F-Stat:(0.000)
Jarque-Bera	4.60(prob 0.00)	Serial LM Test	Prob(0.70)	

성 수치가 높으면 높을수록 모형에 사용된 설명 변수(독립변수)가 종속변수를 설명하는 데 미흡하다는 것을 뜻한다. 따라서 분석을 위한 회귀 모형의 추정력이 떨어진다는 뜻이기도 하다.

위 모형의 경우 전북지역이 -1.82로 계수수치가 가장 높게 보이고 있다. 본 분석모형에 사용된 독립변수가 전북지역에서는 가장 추정력이 떨어진다는 의미이다. 즉 이 지역의 탄소배출량에 영향을 주는 알 수는 없으나 뭔가 지역만의 고유한 특성이 다른 지역보다 높음을 뜻한다. 그러므로 이러한 경우 이 지역에 대해서는 타 지역에 보다 더 세심하게 탄소배출량에 영향을 미치는 변수를 찾는 노력이 필요하다는 의미이다. 분석에 사용된 변수 외에 다른 요인에 의해 얼마든지 의외의 사건이 발생할 수 있다는 의미가 있다.

(2) 시간특성효과

〈Table 3〉은 위의 장소 특이성과 같은 논리로 모형의 시간특성효과를 나타내는 추정계수이다. 지역별 추정효과와 같은 논리로 특정기간에 이 계수가 높다는 것은 모형의 독립변수가 설명하지 못하는 무엇인가가 이 기간에 회귀값에 영향을 미쳤다는 뜻이다. 즉 이 계수가 높은 기간에 어떤 이유에서 탄소배출량이 증감했는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다는 의미이다. 2009년, 2010년의 추정계수가 높게 나타나고 있다. 동 기간에 작용한 알 수 없는 요인이 탄소량에 변화에 영향을 주었다는 것이다. 따라서 이 기간에 대한 돌발적인 요인에 대한 통제력은 더 떨어졌었다고 볼 수 있다.

〈Table 4〉의 각 지역별 회귀모형은 아래와 같다. 16개의 광역시도 중 유의한 결과가 나오

Table 5. Panel Effect (Emission-equip, FDI)

Test type	Variables		Co-Efficient	Probability
	Dependent	Independent		
PANEL Random Effect	Emission-equip	FDI	-1.985	0.049
Hausman			1.798	0.179
PANEL Random Effect	Emission-process	FDI	-0.043	0.043
Hausman			4.45	0.10
PANEL Random Effect	Emission-Usage		0.013	0.48
Hausman			-	-
Residual Diagnostics	Normality	Jarque-Bera4.14 (prob 0.00)	Durbin Watson	1.95
	R-Squared	0.85	F-Statistic	(0.000)

는 7지역만을 정리하였다.

$$CO_{2Kwangju} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{Kwangju} + \epsilon \quad (4)$$

$$CO_{2Daejeon} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{Daejeon} + \epsilon \quad (5)$$

$$CO_{2Seoul} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{Seoul} + \epsilon \quad (6)$$

$$CO_{2Gyeonggi} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{Gyeonggi} + \epsilon \quad (7)$$

$$CO_{2Chungbuk} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{Chungbuk} + \epsilon \quad (8)$$

$$CO_{2Jeonbuk} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{Jeonbuk} + \epsilon \quad (9)$$

$$CO_{2Jeju} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{Jeju} + \epsilon \quad (10)$$

〈Table 4〉는 각 도시별 전력분야 외국인투자와 해당지역의 탄소배출량 관계를 단순회귀분석한 결과이다. 로그 변환한 변수를 사용하였으므로 독립변수의 종속변수에 대한 회귀값은 탄력성을 가진다. 모형에 사용된 데이터의 안전성을 검토를 위해 독립변수간 상관관계, 정규분포, 자기상관(Breusch-Godfrey LM Test)을 회귀식의 잔차에 대해 검토한 결과 데이터의 안정성을 나타내는 값인 R2, Durbin-Watson Stat, Jarque-Bera, Serial LM Test, F-Stat 등이 안정적인 수치를 나타내고 있다.

분석의 대상이 된 16개 광역 지역 중 외국인투자에 대한 탄소배출량관계에서 8개 지역에서 유의한 값이 나타났다. 유의결과를 나타낸 지역을 살펴보면, 광주와 제주를 제외한 대부분의

지역이 현재 외국인투자가 집중되고 지역이었고, 광주는 오히려 탄소량이 증가하는 반대의 결과로 나타났다. 그러나 이 지역(광주, 제주)들에 대한 외국인투자액은 다른 7개 지역에 비해 상대적으로 작아 FDI와 탄소배출의 인과관계가 충분히 검증되지 못하는 한계가 있다고 하겠다.

2) 산업별 에너지 부문에 대한 외국인투자가 산업별 탄소배출량에 미친 영향분석

다음은 에너지 부문에 대한 산업별 외국인투자가 해당 산업별 탄소배출량에 미친 영향을 분석하였다. 우선 전력산업을 장치, 공정, 사용목적, 종업원 수 별로 분류한 다음 이 각 부문의 탄소배출량을 종속변수로 하고 각 부문에 대한 외국인투자를 독립변수로 하여 각 산업부문에 대한 외국인투자가 해당 부문의 탄소배출량에 영향을 미치는지에 대한 패널 분석을 하였다.

(1) 패널 임의효과 분석

〈Table 5〉는 산업별분류 중 장치별 분류에서의 탄소배출량과 전력부문에 대한 외국인투자의 패널 임의효과 분석이다. 종속변수인 장비별 분류부문에서 발생하는 탄소발생량과 전력부문

Table 6. Panel VAR (EMPLOYEE)

Test type	Variables	Co-Efficient		
	Dependent	Independent	Chi-Square	Probability
	EMPLOYEE(0~5)	FDI	2.517	0.042
	EMPLOYEE(5~10)	FDI	1.108	0.574
	EMPLOYEE(10~19)	FDI	2.109	0.045
	EMPLOYEE(20~49)	FDI	0.272	0.872
ShortRun Causality (Wald Test)	EMPLOYEE(50~99)	FDI	1.435	0.488
	EMPLOYEE(100~299)	FDI	2.642	0.043
	EMPLOYEE(300~499)	FDI	1.903	0.386
	EMPLOYEE(Over~500)	FDI	0.748	0.687
Residual	R-Squared (R2)	0.90	F-Statistic	(0.000)
Diagnosics	Normality	Jarque-Bera:4.82 (prob 0.00)	Durbin Watson	1.96

에 대한 외국인투자는 회귀값은 (-)를 나타내고 결과값(Prob.v)이 0.049로 나타나 장치부문 탄소배출량에 전력부문 외국인투자가 의미가 있음을 나타낸다. 변수는 log 값을 취해 정규성이 있어 탄력성을 가지므로 외국인 “1” 단위가 증가하면, 탄소배출량이 “1.9”단위가, 공정별 분류 부문에서는 0.043단위 감소한다는 의미이다. 공정별 분류 부문의 탄소배출량에 대한 외국인투자는 유의한 결과가 나오지 않았다.

(2) 패널 VAR 분석

산업별 분류 중 기기별, 공정별, 사용목적별 탄소배출량은 <Table 5>에 패널 분석하여 외국인투자와의 관계를 파악하였다. 그러나 종업원 수 별 분류는 공적분 관계가 나타나지 않아 패널 VAR 모형을 적용하여 <Table 6>에서 변수 간 단기적인 균형관계를 검증하였다. 검증의 기무가설은 “독립변수가 종속변수에 영향을 미치지 않는다.”이므로 결과값이 0.05(5%)이상이면 기무가설을 기각시키지 못한다는 의미이다. 분석결과 종업원 수 5인 이하, 10~19인 이하, 100~300인 이하의 규모에서 외국인투자가 단기적인 인과관계가 있는 것으로 나타났다.

패널 VAR 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta \ln employee_t = & \\ c_1 + \sum \alpha_{1i} \Delta \ln FDI_{t-k} & \\ + \sum \beta_{2i} \Delta \ln employee_{t-k} & \\ + u_{1t} & \end{aligned} \quad (11)$$

IV. 결론

지금까지 전국 16개 광역지역의 전력부문에 투자된 외국인투자와 해당 지역의 탄소배출량 사이의 인과관계 그리고 전력산업을 장치, 공정, 사용목적 및 종업원 수 별로 분류한 다음 이 부문들에 대한 외국인투자와 해당 부문의 탄소배출량의 인과관계를 패널 임의효과, 패널VAR, OLS 모형을 사용하여 분석하였다.

지역별 전력부문 외국인투자와 해당 지역의 탄소배출량과의 패널 분석에서 인과관계가 나타났고, 근거로 지역별로 OLS를 이용하여 분석한 결과 검정대상 16개 광역지역 중 7개에서 그 지역에 대한 외국인투자와 탄소배출량이 유의한 결과를 나타내었다. 광주지역을 제외한 나머지 6개 지역에서 해당지역 전력부문에 대한 외국인투자와 탄소배출량 감소가 인과관계가 있는 것으로 나타났다. 유의값을 나타낸 지역 중 제주도와 광주를 제외한 나머지 지역은 모

두 수도권지역으로, 이는 현재 국내 외국인투자가 수도권지역에 집중되고 있다는 것과 궤를 같이하고 있다. 그러나 제주와 광주의 경우 투자액이 상대적으로 적은 편이기 때문에 통계적으로 영향관계를 충분히 반영하지 못하였다는 한계점을 가진다고 볼 수 있다. 하지만 다른 지역들에 대한 투자액수가 제주와 광주 지역에 비해 월등히 크기 때문에 통계적 의미에서도 신뢰성을 높이고 있다고 하겠다.

패널 데이터는 지역특성효과와 시간특성효과를 검증할 수 있는 장점이 있다. 지역별, 기간별로 개별특이성을 분석할 결과, 지역은 전북, 기간은 2009년, 2010년의 추정계수가 높음을 나타내고 있다. 이는 탄소배출량에 영향을 미치는 모형에서 사용된 독립변수가 설명하지 못하는 부분이 타 지역에 비해 이 지역이 많다는 것이고, 다른 기간에 비해 이 기간에 더 많다는 것을 의미한다.

선/후진국을 막론한 탄소배출량 감소의무를 부과한 2015년 파리협약의 이행을 위해 세계 각국은 외국인투자를 전력부문에 유치하여 이 부문에 대한 재정적 부담을 줄이고 국제협약을 이행하는 일석이조의 효과를 누리고 있다. 이자 부담이 없이 산업 성장을 촉진하는 방법으로써 외국인투자유치가 전 세계적인 추세인 것이다. 그러나 한국의 경우 OECD국가 중 그 유입액이 최저에 머무르고 있는 실정이다.

탄소배출량 감소는 수출에 많은 부분을 의존하는 한국이 중점적으로 노력해야 할 과제이다. 향후 국제사회는 탄소배출량을 근거로 무역규제를 단행할 가능성이 높기 때문이다.

최근 국제 사회는 기후변화로 인한 반복적인 자연재해로 인한 대규모 인명희생 등 재앙에 대한 공동적인 대책의 필요성에 따라 국제적인 환경 규제를 강화하고 있다. 온난화의 주범인 이산화탄소 배출에 대한 엄격한 가이드라인을 적용함과 동시에 그 규제에 무역에 대한 조치가 포함되어 있다. 무역에 대한 규제 조치는 각국의 이익에 직격탄을 줄 수 있는 효과적인 처벌이 될 수 있기 때문이다.

우선 다국적 환경협정 등을 통한 무역 규제 조치가 활발하게 이뤄지고 있는데 유엔환경계획(UNEP) 등을 중심으로 제품, 공정, 환경 관리기준 및 방법에 대해 다자간 합의로 도입된 다국적 환경협정(MEAs)이 250개 이상 구성되어 있고, 이중 28개 협약은 무역규제에 관련된 것으로 알려져 있다.

무역 관련 조치가 수반되는 주요 환경협약으로 몬트리올 의정서(1987), 바젤협약(1992), 로테르담협약(2004) 등이 있다. 이들 협약은 처벌조항으로 심지어 수출입 금지도 포함하고 있다. 최근 탄소배출 감소 의무와 관련된 협정들에서 무역과 관련한 관세나 비관세 장벽을 그 처벌조항으로 내세우고 있다 따라서 특히 무역의존도가 80%가 넘는 한국의 경우 국내에서의 탄소저감은 이제 생존의 문제가 된 것이 현실이다.

환경규제는 2000년도 중반까지는 유럽 국가들을 중심으로 한정적으로 시행하였다. 그러나 최근에는 한국의 무역의존도가 높은 미국, 중국, 일본 등이 적극적으로 가담하고 있는 실정이다. 이들 국가들은 환경규제를 빌미로 수입을 제한하거나 기술 장벽을 두고 자국 산업을 보호하는 수단으로 환경문제를 이용하고 있다. 따라서 한국은 환경규제로 인한 무역불이익을 받지 않도록 최대한 탄소배출을 줄일 수 있는 방법을 강구해야 하는 상황이다

본 연구는 이러한 취지에서 한국이 특히 탄소배출산업 부문에 외국인투자를 유치하는 것은 상당히 중요한 과제라는 인식을 갖고 외국인투자와 탄소배출량에 대해 분석하였다.

그러나 현재의 데이터로는 국내에 투자되는 외국인투자액이 너무 적어서 그 신뢰성이 높지 않다는 한계가 있다. 이러한 결점을 조금이라도 보완하기 위해 단위근, 정규성, 자기상관 등 데이터의 신뢰성 검증에 많은 노력을 하였다. 또한 탄소배출량과 관련되어 제공되는 기관의 데이터가 향후 더욱 보완되기를 기대하면서 다음기회에 외국인투자와 탄소배출량과 관련된 보다 심도 있는 연구를 계속하고자 한다.

References

- Acharyya, J. (2009), "FDI, Growth and the Environment: Evidence from India on CO2 Emission During the Last Two Decades", *Journal of Economic Development*, 34(1), 43-58.
- Al-mulali, U. and C. N. B. C. Sab (2012), "The Impact of Energy Consumption and CO2 Emission on the Economic and Financial Development in 19 Selected Countries", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4365-4369.
- Al-mulali, U. (2012), "Factors Affecting CO2 Emission in the Middle East: A Panel Data Analysis", *Energy*, 44(1), 564-569.
- Baltagi, B. H. and C. Kao (2000), *Nonstationary Panels, Cointegration in Panels and Dynamic Panels: A Survey* (Center for Policy Research Working Paper, No. 16), New York, NY: Syracuse University, Center for Policy Research.
- Chandran, V. G. R. and C. F. Tang (2013), "The Impacts of Transport Energy Consumption, Foreign Direct Investment and Income on CO2 Emissions in ASEAN-5 Economies", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 445-453.
- Hanni, M. S., T. V. Giffen, R. Krüger and H. Mirza (2011), "Foreign Direct Investment in Renewable Energy: Trends, Drivers and Determinants", *Transnational Corporations*, 20(2), 28-65.
- Hoffmann, R., Chew-Ging Lee, B. Ramasamy and M. Yeung (2005), "FDI and Pollution: A Granger Causality Test Using Panel Data", *Journal of International Development*, 17(3), 311-317.
- Hsiao, C. (1985), "Benefits and Limitations of Panel Data", *Econometric Reviews*, 4(1), 121-174.
- Hsiao, C. (2003), *Analysis of Panel Data* (2nd ed.), Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Omri, A., D. K. Nguyen and C. Rault (2014), "Causal Interactions Between CO2 Emissions, FDI, and Economic Growth: Evidence from Dynamic Simultaneous-Equation Models", *Economic Modelling*, 42, 382-389.
- Oh, Seung-Hwan and In-Ha Oh (2015), "Study on the Effect of Inward Foreign Direct Investment to Korea : Focusing on the Source Country Difference and Carbon Leakage", *Industry Research*, 31(4), 49-73.
- Pao, H. T. and C. M. Tsai (2011), "Multivariate Granger Causality between CO2 Emissions, Energy Consumption, FDI (Foreign Direct Investment) and GDP (Gross Domestic Product): Evidence from a Panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) Countries", *Energy*, 36(1), 685-693.
- Ren, Shenggang, Baolong Yuan, Xie Ma and Xiaohong Chen (2014), "International Trade, FDI (Foreign Direct Investment) and Embodied CO2 Emissions: A Case Study of Chinas Industrial Sectors", *China Economic Review*, 28, 123-134.
- Shahbaz, M., S. Nasreen, F. Abbas and O. Anis (2015), "Does Foreign Direct Investment Impede Environmental Quality in High-, Middle-, and Low-income Countries?", *Energy Economics*, 51, 275-287.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2000), *World Investment Report 2000: Cross-Border Mergers and Acquisitions and Development*, Geneva: Author.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2010), *World Investment Report 2010: Investing in a Low-carbon Economy*, Geneva: Author.
- Zhang, Chuanguo and Xiangxue Zhou (2016), "Does Foreign Direct Investment Lead to Lower CO2 Emissions? Evidence from a Regional Analysis in China", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 943-951.