

재생에너지 기술의 수출에 대한 정치·경제요인의 영향 분석[†]

성봉석* · 유념**

〈요 약〉

본 연구는 정치·경제 요인이 재생에너지 기술의 수출에 미치는 영향을 분석하였다. 실증분석은 1992년부터 2012년까지의 OECD 19개 회원국의 패널 자료를 이용하였다. 실증모형을 설정하기 전 데이터의 특성 파악을 위한 다양한 패널 프레임워크 분석(정규성, 구조변화, 1차 자기상관, 패널 이분산성, 패널 개체 간 상호의존성, 패널 단위근 검정)을 수행하였다. 패널 프레임워크 분석결과를 고려하여 데이터 특성에 부합하는 실증모형을 설정하고, 동태 패널 모형의 편의를 최소화하기 위해 Bias-corrected Least Square Dummy Variable Estimator(LSDVC)를 추정하였다.

분석결과, 공식적인 강제압력으로 표출되는 정부의 수요견인정책과 경쟁압력을 표출되는 시장매력도는 재생에너지 기술의 수출진장에 통계적으로 유의한 정(+)의 영향을 미쳤다. 그렇지만, 정치요인 중 규범적 압력으로 표출되는 전통에너지산업의 주도과 비공식적인 강제압력으로 표출되는 공공압력은 재생에너지 기술의 수출에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과에 기초하여 재생에너지 산업의 성장과 수출 촉진과 관련된 시사점을 제공하였다.

핵심주제어: 재생에너지 기술, 정치·경제 요인, 수출성과, 동태 패널 접근

논문접수일: 2018년 03월 13일 수정일: 2018년 06월 14일 게재확정일: 2018년 06월 19일

† 이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5A2A02926966)

* 경기대학교 지식정보서비스대학 무역학과 조교수(제1저자), bssung@kgu.ac.kr

** 우송대학교 존엔티켓국제대학 매니지먼트학부 조교수(교신저자), sliunians@gmail.com

I. 서론

지속가능한 경제성장의 달성에 대한 정책적 수요와 에너지 이슈는 재생에너지 산업 분야에서 공공정책과 수출 간 관계에 관한 새로운 연구적 관심을 자극해 왔다. 특히, 수출의 지속적인 축진이 산업의 성장에 핵심적인 역할을 수행하면서 재생에너지 정책이 실질적으로 수출을 유도할 수 있는지가 핵심 이슈로 부각되어 왔다 (REN 21, 2013).

이러한 맥락에서 현재까지 20여 편의 실증연구(Costantini and Crespi, 2008; Jha, 2009; Groba, 2011; Costantini and Mazzanti, 2012; Sung and Song, 2013, Sung, 2015 등)가 수행되었지만(관련 이론고찰은 이론적 배경 및 모델 설정 부분을 참조), 재생에너지 제품 및 기술의 국가 간 이동과 정책 간 관계의 조명에서 정책변수 이외의 여타 외부변수가 수출 성과에 미치는 영향에 관한 탐구가 미흡하다.

정부에 의해 수행되는 정책이 전체 사회적 맥락에서 산업의 혁신을 촉진하고 경쟁력을 강화하도록 기업을 고무시키는 압력을 표출하는 다양한 원천 중 하나임을 고려할 때, 사회적 맥락에서 유래되는 다양한 요인이 재생에너지 기술 및 제품의 수출성과에 미치는 영향을 분석하는 것은 재생에너지 산업의 육성뿐만 아니라 지속가능한 경제성장을 위한 정책의 입안과 수행에 많은 기여를 할 것이다. 비록, 기존 연구들이 수출성과에 대한 공공정책의 영향을 추정하는데 몇몇의 관련 사회경제 요인을 통제하였을지라도 정책 이외에 다양한 변수에 대한 탐구는 잘 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 기존 연구의 검토를 통해 재생에너지 기술 및 제품의 수출 성과에 영향을 미치는 다양한 요인과 의미를 고찰한다. 기술 및 제품이 더 큰 사회·경제적 맥락에서 체화된다

는 것은 통상적으로 인정되고 있다(Bijker et al., 1987; Aldrich, 1999). 재생에너지는 “환경적으로 건전하고 지속가능한 개발”의 달성을 위한 가장 중요한 동력 중의 하나이다. 아울러 지속가능성에 연계된 많은 개념적 틀이 일반적으로 정치와 경제 차원에 의해 형성되고 있다(Davidson, 2014). 일부 재생에너지 관련 기존 연구(Domac et al., 2005; McKay, 2006; Marques and Fuinhas, 2011)가 지속가능한 개발 관점에 기초하여 재생에너지 기술 및 제품의 성장을 촉진하는 동력이 사회정치·경제 맥락에서 유래하고 있음을 밝히고 있다.

이러한 맥락에서 본 연구는 사회시스템 내 다양한 주체에 의해 표출되는 영향요인을 확인하고 이들 요인이 재생에너지 기술 및 제품의 수출특화에 미치는 영향을 실증적으로 분석한다. 본 연구의 구성은 다음과 같다. II에서는 정치·경제 관점에서 재생에너지 기술 및 제품의 수출에 미치는 영향요인을 확인하고, 이에 기초하여 모델을 설정하고 변수측정에 대해 기술한다. III에서는 데이터의 출처와 방법론을 기술한다. IV에서는 실증분석을 수행하고 그 결과를 해석한다. V에서는 요약 및 결론을 맺는다.

II. 기존 문헌고찰 및 모델설정

1. 기존 문헌고찰

재생에너지 제품 및 기술의 국가 간 이동과 정책 간 관계를 조명하고 있는 기존 연구의 내용과 특징은 다음과 같다.

첫째, 2007년 34개국 데이터를 활용하여 횡단 회귀분석을 수행한 Jha(2009)는 재생에너지산업(전체산업수준)의 수출에 관해, 정책(재생에너지 정책변수에 대한 주성분 요인분석을 통해 생성

된)과 혁신(특허비용에 기초하여 더미변수로 측정된)이 미치는 영향을 조명하였다. 분석결과, 관세를 제외한 수출국의 재생에너지 정책 및 혁신요인 모두 재생에너지 수출에 유의한 정(+)의 영향을 미친다는 결과를 얻었다. 이외에도 동일한 데이터를 가지고 세분 산업인 태양, 풍력, 에탄을 산업에서도 동일한 결과를 얻었다.

둘째, Kim and Kim(2015)은 시계열 데이터를 이용하여 태양에너지 산업(OECD 16개국, 1991년~2007년)과 풍력에너지 산업(OECD 14개국, 1997년~2008년)을 대상으로 정부의 재생에너지 정책(기술지향 및 수요지향 정책)이 혁신산출(특허의 건지에서 측정된)에 미치는 영향 그리고 수요지향 정책과 국내지식스톡(특허의 건지에서 측정)이 수출과 수입에 미치는 영향에 대한 6개의 모델(태양 및 풍력 에너지 산업에 대해 각각 3개씩)을 설정하고 이를 3SLS 기법(three-stage least squares technique)을 이용하여 추정하였다. 분석결과, 두 산업 모두 기술지향과 수요조건 정책이 혁신에, 그리고 기술지향 정책과 국내지식스톡이 수출과 수입에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

셋째, 패널자료를 활용한 실증분석은 동태패널 접근(Costantini and Mazzanti, 2012; Sung and Song, 2013, 2014)과 정태패널 접근(Constatini and Crespi, 2008; Groba, 2011a,b; Cao and Groba, 2013)을 통해 이루어지고 있다.

Constantini and Crespi(2008)은 14개 수출국가와 145개 수입국가의 1996-2007년 데이터를 이용하여 수출에 대해 기술지향 정책이 정(+)의 영향을 미치고 있음을 밝히고 있다. Groba(2011, a,b)는 정태패널 모형에 기초하여 OECD 국가를 대상으로 태양에너지 산업에서 환경규제, 수입관세 등을 통제하고 연구개발 지원, 정책지원기간(거래 가능한 에너지 인증제, 가격보증제 등에 대한 더미변수)이 수출성장에 미치는 영향을 분

석한 결과, 연구개발 지원과 에너지 공공정책수행 기간이 수출경쟁력에 정(+)의 영향을 미치고 있음을 발견하였다. Costantini and Mazzanti(2012)는 패널중력모형을 설정하고 환경 정책과 재생에너지 정책, 혁신역량(특허로 측정된 지식스톡), 국내시장규모 등이 수출에 미치는 영향을 분석한 결과 환경정책, 재생에너지정책, 혁신역량이 수출에 정(+)의 영향을 미치고 있음을 밝히고 있다.

Cao and Groba(2013)는 정태패널 모형에 기초하여 중국을 대상으로 태양에너지 및 풍력에너지 산업에서 시장규모, 지식스톡 등을 통제하고 재생에너지 정책요인이 수출에 미치는 영향을 분석하고, 수출성과의 증진에 있어 R&D 정책과 혁신이 통계적으로 유의한 정(+)의 영향을 미치고 있음을 밝히고 있다.

Sung and Song(2013)은 정부정책이 강력한 외부적 정치압력으로 작용하며, 기업들이 정부의 정책적 기대에 동조화하려는 경향이 있음을 밝히고, 재생에너지 정책에 편승하여 기업들이 다양한 혁신활동을 수행함으로써 국내 및 국제 시장을 창출할 수 있다는 논리에 기초하여 재생에너지정책(기술지향 및 수요조건 정책)이 수출에 미치는 영향에 관한 동태패널 모형을 설정하고 OECD 국가(1991년~2007년, 18개 국가)를 대상으로 실증분석을 수행하였다. 분석결과, 장기적으로 기술지향 정책(R&D)은 수출성장에 긍정적인 영향을 미치며, 단기적으로는 시장지향 정책(Feed-in tariff)이 수출성장에 부(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Sung and Song(2014)와 Sung(2015)는 Sung and Song(2013)의 연구를 확장하여 시장규모변수를 포함시키고, 3개 세분산업(바이오, 풍력, 태양에너지)별로 정책의 수출에 대한 효과를 추정하고 있다. 분석결과, 기술지향 정책, 시장지향 정책, 시장규모와 수출간 세분 산업 특유의 경로

의존성이 존재하고 있음을 밝혔다.

기존 연구의 결과는 산업수준에서 재생에너지 제품 및 기술과 관련된 기술지향 정책, 수요견인 정책, 시장규모와 기술혁신수준이 수출성과를 촉진시키는 주요 요인임을 밝히고 있다. 그렇지만, 정책과 시장규모가 사회적 맥락에서 산업의 혁신을 촉진하고 경쟁력을 강화하도록 기업을 고무시키는 압력을 표출하는 다양한 원천 중 하나임을 고려할 때, 사회적 맥락에서 유래되는 다른 요인에 대한 추가적 탐구의 필요성을 제기하고 있다.

이런 맥락에서 본 연구의 첫 번째 기여는 사회적 맥락에서 유래되는 요인의 추가적 탐구에 있다. 사회·경제적 맥락에서 제품과 기술이 체화된다는 것(Bijker et al., 1987; Aldrich, 1999), 지속 가능한 성장의 달성에 기여하는 재생에너지 기술 및 제품 산업을 촉진하는 동력이 사회적·경제적 맥락에서 유래한다는 것(Domac et al., 2005; McKay, 2006; Marques and Fuinhas, 2011), 지속가능성에 연계된 많은 개념적 틀이 정치와 경제 차원에 기초하여 형성되고 있다(Davidson, 2014)는 맥락을 고려하여, 본 연구는 정치·경제 관점(political-economy perspective)에서 다양한 주체에 의해 표출되는 영향요인을 확인하고 이들 요인이 재생에너지 기술 및 제품의 수출에 미치는 영향을 실증적으로 분석한다.

둘째, 기존 연구는 대부분 정태 및 동태 패널 분석을 통해 수출성과에 대한 정책효과를 분석하고 있다. 그럼에도 불구하고, 체계적인 패널 접근을 시도하고 있는 연구는 부족한 실정이다. Sung and Song(2013, 2014)이 패널 프레임워크 분석을 통해 데이터의 특성에 부합하는 모델의 설정과 분석을 수행하고 있지만, 표본크기를 고려한 추정치는 이루어지지 않고 있다. 이러한 면에서 본 연구는 기존의 연구보다 더 체계적인 패널 접근을 시도할 것이다.

2. 모델설정

정치·경제 관점에 따르면, 사회정치 요인과 경제 요인의 확인은 제도적 환경과 경제 환경의 맥락에서 특정 활동 예를 들어, 재생에너지 기술 및 제품의 생산, 환경보호 등에 대해 압력을 부과하는 주체(actors or stakeholders)의 파악을 통해 가능하다. 사회정치 요인은 주로 제도적 환경(institutional environment)에서 유래한다(Oliver, 1997).

제도적 환경은 강제(coercive), 규범(normative), 모방(mimetic) 압력의 표출을 통해 기업 활동이 사회적 기대에 부합되도록 한다(DiMaggio and Powell, 1983). 정치는 기업과 다른 행위자(개인, 집단 또는 기관) 간 교환에서 물리적 자원, 정보 또는 사회적 적법성을 변화시키는 주체를 의미한다. 그렇기 때문에, 정치는 기업의 행위에 영향을 미치기 위해 자원 또는 사회적 적법성 등을 변화시키는 외부 행위자들의 의식적인 노력이며, 이는 기업에게 그러한 요구와 기대에 부응하라는 압력으로 표출된다. 강제적 압력은 원천에 따라 공식적 그리고 비공식적 형태를 띠 수 있다. 공식적 형태의 강제 압력은 정부로부터 유래한다. 강제적 압력은 정책의 시행과 같이 정부 위임에 의해 주로 부과되는 권위적 힘으로 정의될 수 있다. 실제, 정부는 재생에너지 산업의 촉진을 위한 법의 제정과 이에 기초한 정책의 입안과 시행 등에 있어 중요한 역할을 수행해 왔다(Jagoda et al., 2011).

Sung and Song(2013)에 따르면, 정부는 재생에너지 정책의 시행을 통해 정책목표로 삼고 있는 정부의 기대에 부합하는 방향으로 기업들로 하여금 재생에너지 기술 및 제품과 관련된 다양한 연구개발 및 상업화를 위한 활동을 촉진하게 하며, 이는 새로운 시장의 창출과 수출 촉진을 유도하는 주요한 동력으로 작용한다. 재생에너지

산업분야에서 정부의 정책과 수출 성과 간 정(+)의 관계를 언급하고 있는 연구(e.g. Jha, 2009; Groba, 2011a, b; Cao and Groba, 2013, Sung and Song, 2013, 2014) 역시 같은 맥락에서 이해될 수 있다.

재생에너지 산업의 촉진을 위한 정부의 정책은 크게 기술지향과 수요견인 수단에 의해 수행된다(Grubb, 2004; Haas et al., 2008; Lund, 2009; Mitchell et al., 2011; Groba and Breitschopf, 2013). 기술지향 정책은 혁신창출과 새로운 노우-하우의 상업적 활용의 촉진을 통해 현재 화석연료 대비 비용효과성이 떨어지는 재생에너지 기술 및 제품의 생산비용을 감소시킴으로써 경쟁력을 제고시키기 위한 목적이다. 수요견인 정책은 새로운 기술 및 제품에 대한 수요를 제고시키기 위함이다. 재생에너지 산업에서 R&D정책은 기술지향 정책의 대표적인 수단으로 혁신창출에 긍정적인 기여를 한다(Ek and Söderholm, 2010; Johnstone et al., 2010; Lewis and Wiser, 2007; Lund, 2009).

수요견인정책의 대표적인 수단은 발전차액지원제도(feed-in tariff)이다. 수요견인 정책수단은 투자유인을 창출하여 경쟁을 증가시키고 기술촉진을 제고시킴으로써 비용절감과 이를 통한 생산증대를 가져온다(Lund, 2009). 발전차액지원의 수준과 특성이 차이가 있지만, 이는 재생에너지 가격을 보장함으로써 미래의 시장안정성과 투자안정성을 담보한다(Hvelplund, 2001; Lesser and Su, 2008; Lewis and Wiser, 2007; Couture and Gagnon, 2010; Krajačić et al., 2011). 그렇기 때문에, 발전차액지원수단은 재생에너지 기술 및 제품의 생산에 더 많은 이해관계자(투자자, 생산자 등)의 참여를 유도하고 하고 비용절감을 촉진함으로써(IEA, 2008; Lipp, 2007; REN21, 2010) 생산성 증진을 통한 수출 성과를 제고시킨다.

비공식적 강제압력은 산업 또는 기업이 순응

하여야 하는 사회적 규범, 가치와 기대를 표출하는 경향이 있다(Oliver, 1997). 이러한 비공식적 압력을 표출하는 주요 행위자는 일반 공중이다. 일반 공중은 정부의 정책 입안과 시행에 영향력을 행사할 뿐만 아니라 그들 스스로 재생에너지 기술 및 제품의 필요성에 대한 주관적 견해를 표출함으로써 재생에너지 산업활동에 주요한 영향을 미칠 수 있다(Jagoda et al., 2011). 일반 공중은 재생에너지 기술과 제품 등과 같은 환경문제에 대한 경제주체들의 대응에 있어서의 변화를 요구한다. 그렇기 때문에, 환경적 지속가능성에 대한 사회구성원의 염려는 재생에너지 기술 및 제품에 대한 공중의 수용으로 간주됨으로써(Marques and Fuinhas, 2011) 기업들로 하여금 재생에너지 기술 및 제품과 관련된 다양한 연구개발 및 상용화 활동을 촉진하는 힘으로 작용할 수 있다.

산업 내 기업연합, 즉 산업협회 역시 기업 활동의 방향을 규정하는 규범적 압력을 표출한다(Covleski and Dirsmith, 1988). 산업협회로부터 유래된 규범압력은 산업 내 특정 기업의 활동을 점차적으로 유도함으로써 산업 내 모방압력을 생성한다. 산업협회는 재생에너지 산업의 촉진을 위한 다양한 조치를 취하면서 생산에 있어서 더 높은 산업특화를 유도하고 이를 통해 수출특화의 강도를 증가시킨다.

경제적 환경은 현재 또는 미래의 시장잠재력, 즉 매력도를 표출한다. 경제적 이익추구 행위들은 주로 제품의 시장 매력도에 기인한다. 시장매력도는 통상적으로 시장의 규모, 시장성장률과 잠재수익성의 함수이다. 시장매력도가 높은 경우 기업들은 그러한 높은 잠재적 이익을 획득하기 위한 경쟁압력을 표출한다. 시장기회는 국내 및 수출시장으로부터 표출된 제품의 시장수용 또는 시장채택으로 해석될 수 있다. 이러한 맥락에서 시장매력도, 예를 들어, 시장의 크기, 수익성, 시

장기회 투자 수익 등과 같은 경제요인(또는 시장 요인)은 재생에너지 산업을 촉진시키는 매우 중요한 동력이 된다(Costantini and Crespi, 2008; Jha, 2009; Marktanner and Salman, 2011; Costantini and Mazzanti, 2012).

이제까지 언급된 내용에 기초할 때, 정치·경제 맥락에서 표출되는 강제적 압력(정부정책과 공중의 지지), 규범적 압력(산업협회 주도)과 경쟁적 압력(시장매력도)은 재생에너지 제품 및 기술에 대한 투자위험-수익관계를 변경하고, 다양한 창조적 활동을 촉진시키고, 개발 및 확산과 관련된 호혜적인 조건을 보장함으로써 기업들로 하여금 재생에너지 제품 및 기술의 개발을 촉진한다.

상기 내용에 기초하여 본 연구는 다음의 패널 회귀 모형을 설정한다.

$$EX_{i,t} = \alpha + \beta X'_{i,t-p} + \eta_i + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

식 (1)에서 i 는 국가, t 는 기간, η_i 는 관찰되지 않는 국가특유효과, $\epsilon_{i,t}$ 는 오차항이며, EX 는 수출성과를 나타낸다. 아울러 $X'_{i,t-p}$ 는 설명변수 벡터(6×1)로 RAD , $CRES$, $CO2PC$, TAP , DMS 와 NTA 로 구성되어 있다.

Lund(2009), Ek and Söderholm(2010), Johnstone et al.(2010), Sung and Song(2013, 2014)에 기초하여 RAD 는 기술지향 정책의 대위변수로 연구 개발지출비용을 사용한다. $CRES$ 는 수요견인 정책의 대표적 정책수단인 발전차액지원제도를 의미하며, 이는 총에너지공급에서 재생에너지가 기여하는 비율로 측정한다. 발전차액지원에 대한 데이터베이스의 부재로 기존 연구 대부분은 관련 법률의 유무에 기초하여 더미변수를 사용하여 정책수행의 효과를 측정하였다. 그렇지만, 더미변수의 사용은 수출에 대한 탄력성의 추정이 불가능하다. Jha(2009)에서 요인분석을 구성하는 $CRES$ 와 발전차액지원이 0.7 이상의 상관관계를

지니고 있음을 고려할 때 하여 $CRES$ 는 발전차액지원에 대한 적합한 대위변수인 것 같다(Sung and Song, 2013). 본 연구는 Sung and Song (2013)에 기초하여 수요견인 정책을 대표적 정책수단인 발전차액지원으로 정의하고 이를 총에너지공급에서 재생에너지가 기여하는 비율로 측정하여 사용한다. $CO2PC$ 는 사회체제 내 공중으로부터 표출되는 사회정치압력에 대한 대위변수 1,000명당 이산화탄소배출량으로 측정되었다. 공중압력에 대한 정확한 수량지표를 구하는 것은 현실적으로 용이하지 않다. 기존 연구는 공중의 환경적 관심이 환경규제 정책에 연계되어 수행되는 경향이 있음을 고려하여 인구 및 GDP를 기준으로 한 Co_2 배출량, Co_2 damage를 환경규제수준의 대리변수로 이용하였다. 재생에너지가 화석연료의 대체 그리고 환경적 지속가능성 실현을 위한 정책적 대안으로 주목되고 있어 Co_2 배출량과 Co_2 damage는 재생에너지 산업의 성장과 관계를 가지고 있다.

이러한 맥락에서 Marques and Fuinhas(2011), Menyah and Wolde-Rufael(2010)도 이산화탄소 배출수준이 높은 경우 사회구성원들은 환경문제와 지속가능성에 대한 인식이 높아지며, 이는 재생에너지 산업의 촉진과 환경적 지속성의 성취를 지지하는 압력을 표출하고 있음을 언급하고 있다. 본 연구 역시 공중압력을 이산화탄소배출수준의 맥락에서 측정한다. TAP 는 재생에너지 산업협회의 규범압력을 의미한다. 즉, 산업 활동 전반에 행사되는 산업협회의 주도적 영향력을 표현한다. 산업협회는 산업활동의 전반에 필요한 특정 지침 수행 및 채택을 권장함으로써 산업 내 기업들의 경영활동의 방향에 영향력을 행사한다. 이러한 면에서, 산업협회가 기업들에게 부과하는 규범적 압력은 산업 내 많은 기업들로 하여금 재생에너지 제품 및 기술의 생산 및 판매 등의 활동과 관련되는 본원 및 지원활동을

보다 적극적으로 수행하도록 요구할 것이다. 그렇지만, 현실적으로 재생에너지 산업협회의 약한 결속, 전체 산업에서 재생에너지 산업이 차지하는 비중이 상대적으로 낮아 산업협회의 영향력, 즉 규범적 압력과 이를 통한 모방적 압력의 크기를 직접적으로 측정하기 쉽지 않다. 그렇지만, 재생에너지 산업협회의 영향력은 재생에너지에 대비되는 전통적인 화석연료 및 핵에너지 관련 산업협회의 영향력 크기와는 부(-)의 상관관계가 있을 것이다. 즉, 전통적 에너지 산업(화석연료 및 핵에너지)의 지속적인 성장은 재생에너지 산업의 성장이 정체되거나 감소되는 현상으로 이어진다.

본 연구는 Huang et al.(2007), Sovacool(2009), Marques and Fuinhas(2011)을 따라 전통적 에너지원천을 기반으로 형성된 이해관계자집단에 의해 표출되는 압력을 측정한다. 이들 압력의 증가는 재생에너지 산업의 촉진을 저해하는 것으로 볼 수 있으며, 이는 곧 재생에너지 산업협회로부터의 규범압력 그리고 관련 산업 내 기업들로부터의 압력이 감소된 결과에 기인한다고 볼 수 있다. 따라서 전통적 에너지원천이 전력생산에서 차지하는 비율, 순서대로 기름, 핵, 천연가스, 석탄으로부터 생성되는 전력비율을 합한 총 비율의 역수는 재생에너지 산업협회의 힘의 크기로 정의될 수 있다. *DMS*는 국내 재생에너지 기술 및 제품을 수요하는 시장매력도를 의미한다. 기존 연구에 의하면 시장매력도는 시장의 크기, 수익성, 시장기회 투자 수익의 함수이다.

본 연구는 시장매력도, 즉 시장압력을 시장의 크기의 맥락에서 정의하고, Lewis and Wiser(2007), Huang et al.(2007), Marques and Fuinhas(2011), Sawhney and Kahn(2012), Al-mulali et al. (2013), Sung(2015)에 기초하여 1인당 GDP로 측정하였다. 산업발전단계에서 성숙되지 않은 재생에너지 산업은 혁신의 기회가 많이 존재하여 기술

역량(또는 혁신)이 수출특화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 이러한 이유에서 본 연구는 1인당 GDP당 재생에너지 기술 특허출원수(*NTA*)를 혁신 산출의 대위변수(Johnstone et al., 2010; Ayari et al., 2012; Costantini and Crespi, 2008; Bointner, 2014; Costantini et al., 2015)로 사용하였다.

III. 데이터 및 방법론

본 연구는 19개 국가(호주, 오스트리아, 캐나다, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 이탈리아, 일본, 네덜란드, 노르웨이, 뉴질랜드, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 스위스, 터키, 영국, 미국)의 1991-2012 기간 동안의 국별 자료를 분석하였다. 재생에너지 수출데이터는 Jha(2009)의 HS(1996)분류체계를 따라 UN COMTRADE 데이터베이스에서 추출하였다. 국제에너지기구(International Energy Agency)의 에너지기술연구개발 데이터베이스를 이용하여 재생에너지 공공 R&D지출액을 추출하였다. 각 에너지원별 공급량에 대한 기초 자료는 미국의 에너지정보청(Energy Information Administration)의 통계데이터베이스에서 추출한 데이터에 기초하여 산정하였다. 1인당 이산화탄소배출량과 원천별 전기발전기여율 데이터는 세계은행의 World Development Indicator Database에서 추출하였다. 특허 출원수는 Johnstone et al.(2010)에 따라 유럽특허사무소에 출원된 특허를 고려하였으며, 이는 OECD 특허데이터베이스에서 추출하였다. 각국의 1인당 실질 GDP는 OECD의 경제, 환경 및 사회 통계 데이터베이스에서 추출하였다. 수출, R&D 투자액, 1인당 GDP는 물가지수 및 국제PPP를 고려한 2009년 불변가격으로 측정되었다. 모든 변수는 로그값으로 변환하였다.

<표 1> 기술통계(로그값 기준)

국가	변수	평균	표준편차	최소값	최대값	왜도	첨도	J-B 통계량
호주	EX	6.212	0.492	5.490	7.154	0.461	1.966	1.759
	RAD	2.762	1.021	1.466	5.450	1.217	3.857	6.109
	CRES	2.218	0.139	1.976	2.420	0.010	1.728	1.481
	CO2PC	2.218	0.052	2.716	2.901	0.407	2.383	0.955
	TAP	0.095	0.010	0.077	0.112	0.295	1.769	1.710
	GDP	10.125	0.532	9.509	11.159	0.592	1.970	2.256
	NTA	2.450	0.876	0.000	3.536	0.779	3.727	2.711
오스트리아	EX	7.961	0.622	7.240	9.012	0.600	1.771	2.704
	RAD	2.516	0.693	1.414	3.762	0.461	2.258	1.284
	CRES	4.255	0.052	4.138	4.375	0.158	3.293	0.171
	CO2PC	2.076	0.067	1.972	2.199	0.198	2.142	0.818
	TAP	1.179	0.113	0.946	1.414	-0.003	2.646	0.114
	GDP	10.331	0.350	9.789	10.861	0.261	1.619	1.998
	NTA	2.453	1.146	0.000	4.136	0.258	2.141	0.920
캐나다	EX	8.221	0.602	7.089	9.114	0.407	2.044	1.447
	RAD	3.382	0.904	2.410	5.282	0.568	2.024	2.060
	CRES	4.125	0.022	4.080	4.161	0.213	2.193	0.763
	CO2PC	2.775	0.065	2.628	2.860	0.660	2.460	1.867
	TAP	0.938	0.036	0.868	0.997	-0.233	2.178	0.819
	GDP	10.189	0.436	9.695	10.897	0.365	1.552	2.408
	NTA	2.258	1.350	0.510	4.174	0.178	1.941	1.145
덴마크	EX	7.903	0.727	7.011	9.135	0.348	1.714	1.960
	RAD	3.120	0.671	2.223	4.469	0.783	2.474	2.506
	CRES	2.678	0.839	1.133	3.956	0.342	1.818	1.710
	CO2PC	2.282	0.171	1.873	2.618	0.474	3.139	0.843
	TAP	0.227	0.179	0.031	0.707	0.997	3.547	3.921
	GDP	10.521	0.376	9.962	11.066	0.172	1.537	2.070
	NTA	2.868	2.571	6.907	5.356	2.547	10.615	76.950***
핀란드	EX	7.479	0.574	6.449	8.488	0.110	2.170	0.675
	RAD	7.479	1.010	0.570	4.202	0.252	2.352	0.617
	CRES	3.441	0.135	3.161	3.741	-0.140	3.222	0.118
	CO2PC	2.396	0.099	2.219	2.584	0.003	2.427	0.305
	TAP	0.227	0.179	0.031	0.707	0.997	3.547	3.921
	GDP	10.301	0.394	9.620	10.884	0.096	1.665	1.667
	NTA	2.868	2.571	6.907	5.356	-2.547	10.615	11.790**
프랑스	EX	9.202	0.344	8.782	9.838	0.454	1.903	1.860
	RAD	3.189	1.350	1.219	5.358	0.180	1.692	1.685
	CRES	2.624	0.124	2.359	2.877	0.085	2.590	0.180
	CO2PC	1.773	0.067	1.623	1.897	0.782	3.287	2.324
	TAP	0.143	0.019	0.107	0.187	0.222	2.659	0.287
	GDP	10.238	0.317	9.796	10.725	0.291	1.492	2.395
	NTA	3.327	1.326	1.276	5.443	0.261	1.893	1.372

독일	EX	10.152	0.629	9.455	11.307	0.616	1.843	2.617
	RAD	4.723	0.345	4.229	5.563	1.032	3.300	3.991
	CRES	2.199	0.541	1.389	3.231	0.380	1.959	1.524
	CO2PC	2.308	0.069	2.176	2.452	0.013	2.427	0.300
	TAP	0.110	0.069	0.039	0.279	1.045	2.993	4.005
	GDP	10.307	0.281	9.849	10.762	0.275	1.718	1.784
	NTA	5.069	1.161	3.295	6.876	0.191	1.736	1.598
이탈리아	EX	9.145	0.510	8.437	10.016	0.504	1.852	2.141
	RAD	3.977	0.338	3.410	4.621	0.174	2.177	0.698
	CRES	3.055	0.174	2.829	3.502	1.087	3.638	4.712**
	CO2PC	2.017	0.073	1.825	2.106	0.980	3.372	3.650
	TAP	0.233	0.052	0.178	0.386	1.618	4.919	12.98***
	GDP	10.096	0.349	9.584	10.611	0.157	1.445	2.306
	NTA	2.765	1.507	0	4.852	0.026	1.746	1.442
일본	EX	10.269	0.454	9.566	11.127	0.296	2.007	1.226
	RAD	5.057	0.346	4.647	5.619	0.259	1.604	2.033
	CRES	2.382	0.093	2.168	2.562	0.130	3.230	0.110
	CO2PC	2.240	0.035	2.154	2.293	0.857	3.057	2.701
	TAP	0.102	0.012	0.083	0.126	0.585	2.355	1.638
	GDP	10.557	0.124	10.284	10.780	0.032	2.705	0.083
	NTA	4.780	0.930	3.332	6.392	0.188	2.008	1.031
네덜란드	EX	8.573	0.706	7.801	10.078	0.860	2.345	3.110
	RAD	3.906	0.491	3.114	5.036	0.539	3.304	1.154
	CRES	1.690	0.653	0.577	2.680	0.206	1.881	1.303
	CO2PC	2.362	0.027	2.313	2.422	0.119	2.514	0.268
	TAP	0.066	0.040	0.018	0.150	0.513	2.015	1.856
	GDP	10.356	0.402	9.727	10.944	0.123	1.566	1.941
	NTA	3.141	1.125	1.098	4.691	0.274	2.023	1.151
뉴질랜드	EX	5.086	0.543	3.979	5.904	0.445	2.382	1.077
	RAD	0.822	0.929	0.773	2.472	0.318	2.321	0.794
	CRES	4.277	0.071	4.165	4.421	0.003	2.285	0.468
	CO2PC	2.061	0.069	1.930	2.183	0.135	1.956	1.065
	TAP	1.296	0.225	1.012	1.834	0.739	2.943	2.009
	GDP	9.824	0.481	9.113	10.629	0.195	1.686	1.722
	NTA	3.252	4.173	6.907	2.397	0.284	1.199	3.268
노르웨이	EX	6.716	0.688	5.906	8.020	0.613	2.057	2.192
	RAD	1.944	1.103	0.742	4.480	1.340	3.624	6.837
	CRES	4.599	0.011	4.567	4.608	1.905	5.157	17.580***
	CO2PC	2.200	0.141	2.010	2.509	0.601	2.699	1.409
	TAP	5.485	1.122	3.204	7.127	-0.694	2.885	1.779
	GDP	10.737	0.534	10.017	11.558	0.224	1.586	2.016
	NTA	1.911	1.272	0.000	3.871	0.073	1.680	1.617
포르투갈	EX	6.265	0.596	5.452	7.341	0.493	2.043	1.733
	RAD	0.119	0.627	0.898	1.169	0.001	1.644	1.685
	CRES	3.524	0.286	2.969	4.006	0.547	2.606	1.242
	CO2PC	1.672	0.124	1.477	1.857	0.101	1.665	1.671

	TAP	0.423	0.143	0.205	0.764	0.408	2.909	0.618
	GDP	9.510	0.437	8.745	10.126	0.033	1.661	1.646
	NTA	1.931	3.898	6.907	2.079	0.489	1.345	3.388
스페인	EX	7.751	0.797	6.713	9.261	0.638	2.084	2.265
	RAD	3.560	0.654	3.008	5.644	1.816	5.940	2.020
	CRES	3.000	0.260	2.576	3.535	0.465	2.525	1.001
	CO2PC	1.892	0.130	1.717	2.091	0.189	1.437	2.369
	TAP	0.227	0.071	0.134	0.401	1.026	3.264	3.929
	GDP	9.810	0.448	9.219	10.480	0.210	1.402	2.503
	NTA	1.716	3.23	-6.907	4.895	-1.627	5.261	14.390***
스웨덴	EX	8.125	0.485	7.432	8.986	0.457	1.886	1.905
	RAD	3.122	0.662	2.061	4.370	0.127	2.082	0.830
	CRES	3.936	0.109	3.674	4.105	-0.480	2.774	0.892
	CO2PC	1.746	0.081	1.532	1.861	-0.906	3.533	3.274
	TAP	0.711	0.112	0.485	0.911	-0.000	2.322	0.420
	GDP	10.455	0.340	9.928	11.014	0.290	1.664	1.944
	NTA	1.959	2.262	-6.907	3.970	-2.829	11.917	10.220**
스위스	EX	8.237	0.414	7.690	9.119	0.627	2.299	1.896
	RAD	3.370	0.307	2.927	4.216	0.864	3.985	3.632
	CRES	4.080	0.035	4.006	4.137	-0.170	2.682	0.199
	CO2PC	1.170	0.078	1.541	1.837	-0.604	2.920	1.344
	TAP	0.860	0.052	0.759	0.950	0.096	2.560	0.211
	GDP	10.798	0.308	10.405	11.390	0.550	1.962	2.099
	NTA	3.144	0.856	2.047	4.756	0.663	2.188	2.218
터키	EX	6.136	1.385	3.910	8.210	0.199	1.645	1.829
	RAD	0.183	1.080	-2.673	1.276	-1.302	3.886	6.792**
	CRES	3.407	0.287	2.897	3.860	-0.065	1.862	1.202
	CO2PC	1.219	0.154	0.996	1.486	0.237	1.939	1.237
	TAP	0.368	0.128	0.190	0.619	0.405	1.855	1.803
	GDP	8.099	0.941	6.792	9.478	0.111	1.500	2.106
	NTA	2.948	4.095	-6.907	2.708	0.063	1.090	3.359
미국	EX	8.726	0.504	7.623	9.425	-0.663	2.633	1.738
	RAD	3.371	1.066	1.730	5.285	0.150	1.756	1.499
	CRES	1.325	0.579	0.591	2.558	0.550	2.262	1.611
	CO2PC	2.175	0.089	1.957	2.289	-1.222	3.484	5.690
	TAP	0.044	0.030	0.016	0.129	1.424	4.371	9.168
	GDP	10.240	0.393	9.598	10.793	-0.237	1.729	1.687
	NTA	3.316	1.209	1.386	5.000	-0.048	1.692	1.576
미국	EX	10.221	0.426	9.489	10.940	0.008	1.842	1.227
	RAD	5.770	0.647	4.956	7.179	0.979	2.846	3.540
	CRES	2.350	0.130	2.081	2.554	-0.146	2.104	0.814
	CO2PC	2.943	0.057	2.790	3.006	-1.490	3.986	9.036**
	TAP	0.106	0.015	0.074	0.134	0.091	2.585	0.187
	GDP	10.429	0.335	9.831	10.881	-0.327	1.792	1.730
	NTA	4.967	1.281	3.358	6.964	0.277	1.577	2.139

주) ***, **와 *는 각각 1%, 5%, 10% 유의성을 의미함.

본 연구는 데이터의 특성에 부합하는 실증모델의 설정을 위해 시계열의 정규성 여부 파악, 개별 시계열 내의 구조변화 여부 파악, 변수 간 다중공선성 여부 파악, 패널에서 1차 자기상관 여부 파악, 횡단면 동분산성 여부 파악, 횡단면 간 상호의존성 여부 파악, 구조변화 여부와 횡단면간 상호의존성 여부에 기초한 데이터 특성에 부합하는 패널 단위근 및 패널 공적분 여부 파악을 위한 패널 프레임워크 분석을 수행한다. 단위근이 존재하고 표본의 크기가 충분한 경우 패널 공적분 분석을 수행한다. 이후 패널프레임워크분석결과를 고려하여 실증분석을 위한 모형을 설정하고 일치추정량을 얻을 수 있는 방법으로 실증분석을 수행한다.

IV. 실증분석

본 연구는 모델에 포함된 변수들의 정규성 여부를 파악하기 위해 Jarque-Bera(1987) 검정을 수행하였다. 검정결과, 대부분의 국가에서 1% 및 5% 수준에서 거의 모든 변수에 대해 정규성이 존재하는 것으로 나타났다(<표 1> 참조). 구조변화 여부의 파악을 위해 수행된 국별 CUSUM 및 CUSMMQ 검정결과, CUSMU 검정에서 오스트리아, 프랑스, 포르투갈, 터키와 미국, CUSUMQ 검정에서 독일, 뉴질랜드와 영국을 제외한 모든 국가에서 구조변화가 없는 것으로 나타났다(부록 <그림 1> 참조). 변수 간 다중공선성 여부의 파악을 위한 검정결과, 분산팽창계수(variance inflation factor)의 평균값이 2.12, 변수 *RAD*, *CRES*, *CO2PC*, *TAP*, *DMS*와 *NTA*의 분산팽창계수 값이 각각 2.53, 1.37, 1.44, 2.53, 2.86으로 나타나 10이하의 조건(Kennedy, 1992; Neter et al., 1989)을 충족시킴으로써 변수 간 공선성의 문제가 없는 것으로 나타났다. 1차 자기상관이

존재하는지 여부를 파악하기 위한 Wooldridge (2002)의 검정결과, 검정통계량(F)값이 103.155($p=0.000$)로 나타나 변수 간 1차 자기상관이 존재하였다. 횡단면 내에서 이분산성의 존재 여부를 파악하기 위한 White와 Wald 검정 결과, 각각의 통계량이 110.30($p=0.000$)와 325.59($p=0.000$)로 나타나 이분산성이 존재하였다. 이어 수행된 Pesaran(2004)의 횡단면 간 상호의존성 분석결과는 검정통계량이 13.353($p=0.000$)로 나타나 횡단면간 상호의존성이 존재하였다. 본 연구는 구조변화와 횡단면간 상호의존성 분석 결과를 고려하여 Pesaran(2007)이 제안한 방법에 따라 패널 단위근 분석을 수행하였다. 패널 단위근 분석 결과는 <표 2>에 제시되어 있다.

<표 2>에 의하면, 거의 모든 수준변수가 단위근이 존재하며, 차분변수의 경우 단위근이 사라지는 것으로 나타나 변수의 비정상성을 보여주고 있다. 패널 단위근 검정 결과는 변수가 장기관계가 형성될 수 있음을 시사한다. 따라서 공적분 여부의 파악을 위해 Westerlund(2007)가 제안한 방법으로 검정을 실시하여야 한다. 그렇지만, 표본의 크기가 모델에 포함된 변수 모두의 장기관계를 파악하기에는 상대적으로 작아 공적분 분석을 수행하지 못하였다. 이에 본 연구는 공적분 분석 전까지의 패널 프레임워크 분석 결과를 토대로 실증분석을 위한 모델을 설정한다.

우선 1차 자기상관의 존재는 동태 패널 모형이 구축되어야 함을 의미한다. 그렇지만, 패널 단위근 검정 결과를 고려한 차분의 도입은 시차설명변수와 오차항 간 내생성 문제를 야기하며, 국가간 이분산성 문제의 존재는 효율적인 추정을 저해한다. 이러한 조건은 도구변수의 추정(Anderson and Hsiao, 1982) 또는 차분(Arellano and Bond, 1991) 또는 시스템(Arellano and Bover, 1995; Blundell and Bond, 1998) GMM(Generalized Method of Moments)의 추정을 유도한다.

<표 2> 패널 단위근 검정

변수	Pesaran CADF test z [t-bar] stat.			
	추세포함		추세포함되지 않음	
EX	-3.199(0.002)	[1]	-1.286(0.207)	[2]
ΔEX	-7.251(0.000)	[1]	-5.936(0.000)	[1]
RAD	0.775(0.982)	[2]	1.873(0.997)	[2]
ΔRAD	-9.102(0.000)	[1]	-7.037(0.000)	[1]
CRES	1.630(0.364)	[2]	-0.775(0.017)	[1]
$\Delta CRES$	-4.449(0.000)	[2]	-5.102(0.000)	[1]
CO2PC	1.054(0.854)	[2]	-0.688(0.353)	[2]
$\Delta CO2PC$	-4.499(0.000)	[2]	-5.750(0.000)	[1]
TAP	6.487(1.000)	[2]	6.073(1.000)	[2]
ΔTAP	-5.598(0.000)	[1]	-5.636(0.000)	[1]
DMS	2.469(0.990)	[2]	0.991(0.795)	[2]
ΔDMS	-4.226(0.000)	[2]	-2.689(0.000)	[1]
NTA	-3.540(0.000)	[2]	-0.614(0.150)	[2]
ΔNTA	-4.011(0.000)	[2]	-8.551(0.000)	[1]

주) ()의 숫자는 p-값. []안의 숫자는 시차(time lag).

<표 2> 동태패널 추정(더미변수 포함됨)

변수	고정효과(AR1)	Initial(AB)	Initial(AH)	Initial(BB)
EX_{t-1}		0.765(0.035)***	0.769(0.045)***	0.887(0.032)***
RAD_{t-1}	-0.018(0.023)	-0.035(0.016)**	-0.038(0.017)**	-0.033(0.017)**
$CRES_{t-1}$	0.147(0.069)**	0.075(0.031)**	0.080(0.038)**	0.073(0.034)*
$CO2PC_{t-1}$	0.224(0.204)	0.179(0.136)	0.192(0.165)	0.070(0.156)
TAP_{t-1}	-0.016(0.063)	0.009(0.035)	0.008(0.045)	-0.018(0.037)
DMS_{t-1}	0.436(0.116)***	0.188(0.062)***	0.198(0.073)***	0.103(0.066)
NTA_{t-1}	0.003(0.064)	0.003(0.006)	0.002(0.006)	0.001(0.006)

- 주) 1) 추정결과는 고정효과(AR(1)), Arellano-Bond(AB), Anderson Hsiao(AH) and Blundell-Bond(BB) estimators를 활용한 LSDVC에 기초하였음.
- 2) AB, AH와 BB 모델에서 편의는 1차(0(1/T))까지 고정되었으며 추정치의 점근선 분산-공분산 행렬을 찾기 위한 부스트랩값을 500회 반복하였음.
- 3) 모든 추정치는 시간더미가 포함되어 추정된 결과임.
- 4) 시차는 BIC에 기초하였음.
- 5) ***, **와 *는 각각 1%, 5%, 10% 유의성을 의미함.

따라서 동태 패널 편의를 제거하고 더 효율적인 일치 추정량을 획득하기 위해(Nickell, 1981; Roodman, 2009), 본 연구는 시스템 GMM을 추정한다. 아울러 횡단면간 상호의존성을 극복하고(Roodman, 2009; Sarafidis et al., 2009) 추정의

강건성을 제고(D'Amato et al., 2015)하기 위해 시간변수를 통제한다. 분석을 위한 실증 모형은 다음과 같다.

$$EX_{i,t} = \alpha + \gamma EX_{i,t-1} + \beta X'_{i,t-p} + d_t + \eta_i + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

식 (2)에서 i 는 국가, t 는 기간, d_t 는 시간더미 변수, η_i 는 관찰되지 않는 국가특유효과, $\epsilon_{i,t}$ 는 오차항이며, $X'_{i,t-p}$ 는 설명변수 벡터(6×1)이다. $EX_{i,t-1}$ 은 $t-1$ 기의 수출성과를 나타냈다.

본 연구와 같이 표본의 크기가 작은 경우 (Blundell and Bond, 1998), 식(2)에 대한 GMM 추정에는 편의(bias)가 발생할 수 있다. Nickell(1981)에 따르면 최소자승더미변수(least squares dummy variable: LSDV) 추정량은 무시할 수 있는 수준으로 편의를 감소시킬 수 있다. 그렇지만, T (기간) > 30 인 경우 LSDV 추정량은 편의가 발생한다(Judson and Owen, 1999). 본 연구와 같이 T (기간) < 30 인 경우 편의교정 최소자승더미변수(bias-corrected least squares dummy variable: LSDVC)가 GMM 추정량에 비해 더 효율적인 추정량을 산출할 수 있다 (Judson and Owen, 1999; Bruno, 2005). 이에 본 연구는 LSDVC를 이용하여 식(2)를 추정한다. 아울러 본 연구는 1차 자기상관을 제거한 고정효과모형도 추정한다. 추정결과는 <표 2>에 제시되어 있다.

<표 2>에 제시된 바와 같이 추정계수, p 값의 견지에서 AB, AH와 BB 추정결과가 매우 유사하다. 그렇지만, AB 추정량은 AH와 BB 추정량보다 더 효율적이다(Baltagi, 2005). AB 추정량에 따르면 시장매력도와 수요견인정책은 수출성과에 통계적으로 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났지만, 기술지향정책은 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 아울러 전반적으로 전기($t-1$)의 수출성과는 다음기(t)의 수출성과에 통계적으로 유의한 정(+)의 영향을 미침으로써 수출학습효과가 존재하는 것으로 나타났다. 그렇지만, 정치요인인 공중, 전통적인 에너지 산업, 그리고 통제변수로 투입된 기술역량은 재생에너지 기술 및 제품의 수출에 통계적으로 유의

한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 사회시스템 내 다양한 주체에 의해 표출되는 정치·경제 요인을 확인하고 이들 요인이 재생에너지 기술 및 제품의 수출성과에 미치는 영향을 분석하였다. 이는 1992-2012년의 기간 동안 19개 OECD 회원국의 재생에너지 산업 패널 데이터를 활용하여 실증적으로 분석하였다. 실증모형의 설정 전 정규성, 구조변화, 다중공선성, 1차 자기상관, 횡단면 상호의존성, 패널 단위근 존재의 여부에 대한 다양한 패널 프레임워크 분석을 통해 데이터의 특성을 파악하였다. 패널 프레임워크 분석결과를 고려하여 데이터 특성에 부합하는 실증모형을 설정하고 표본의 크기에 부합하는 추정을 실시하였다.

본 연구의 분석결과와 이에 기초한 시사점은 다음과 같다.

첫째, 다양한 정치·경제 요인 중 재생에너지 수출성과에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 경제적 환경에서 표출되는 시장매력도로 나타났다. 실제, 시장의 매력도는 현재 시장의 크기, 수요의 크기, 미래 시장의 성장잠재력 등으로 표현되기 때문에, 본 연구의 결과는 시장상황이 재생에너지 산업성장을 위한 필요조건임을 시사하고 있다. 따라서 정부는 국내 재생에너지 시장여건의 조성, 재생에너지 경제로의 전환과 시장잠재력의 확대를 위한 다양한 정책의 입안과 수행을 위한 적극적인 노력을 해야 한다.

둘째, 정치 환경에서의 정부정책, 특히 수요견인정책이 수출에 미약한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 재생에너지 수요견인 정책 수행의 효율성제고 필요성을 제기한다. Lewis

and Wiser(2007), Couture and Gagnon(2010), Krajačić et al.(2011)에 따르면, 수요견인 정책의 대표적 수단인 발전차액지원제도는 재생에너지 가격을 보장함으로써 미래의 시장안정성과 투자 안정성을 담보한다. 발전차액지원에 의한 투자위험의 상쇄는 투자유인을 창출시킬 뿐만 아니라 투자를 위한 경쟁을 증가시킴으로써 기술향상을 촉진하고 비용절감을 통한 생산성 증대를 가져온다(Lund, 2009). 따라서 정부는 수요를 촉발시킬 수 있는 다양한 형태의 정책수단의 발굴과 현행 수요지향 정책의 효과성과 효율성을 더 제고할 수 있는 방안을 마련하는데 노력을 경주해야 한다. 특히 재생에너지에 대한 수요가 소득, 사회구성원의 환경의식 등에서 기인하는 사실을 감안하여 사회전체 차원에서 재생에너지기반 사회로의 전환 필요성 등에 대한 담론의 형성과 이를 통한 환경적으로 건전하고 지속가능한 경제체제의 구축을 위해 다양한 사회적 노력이 이루어지도록 하여야 한다.

셋째, 전기의 수출성파가 다음 기의 수출성파에 통계적으로 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 수출을 통한 학습효과, 즉 동태적 효과가 존재하고 있음을 시사한다. 이는 재생에너지 기술의 지속적인 수출특화가 지속적인 수출에 의해 유발되고 있음을 의미한다. 이러한 맥락에서 본 연구의 결과는 재생에너지 산업의 육성을 위한 산업정책 이외에도 다양한 수출증진 프로그램을 결합하여 수출시너지를 높이는 정책적 방안을 마련하여야 할 필요성을 제기한다.

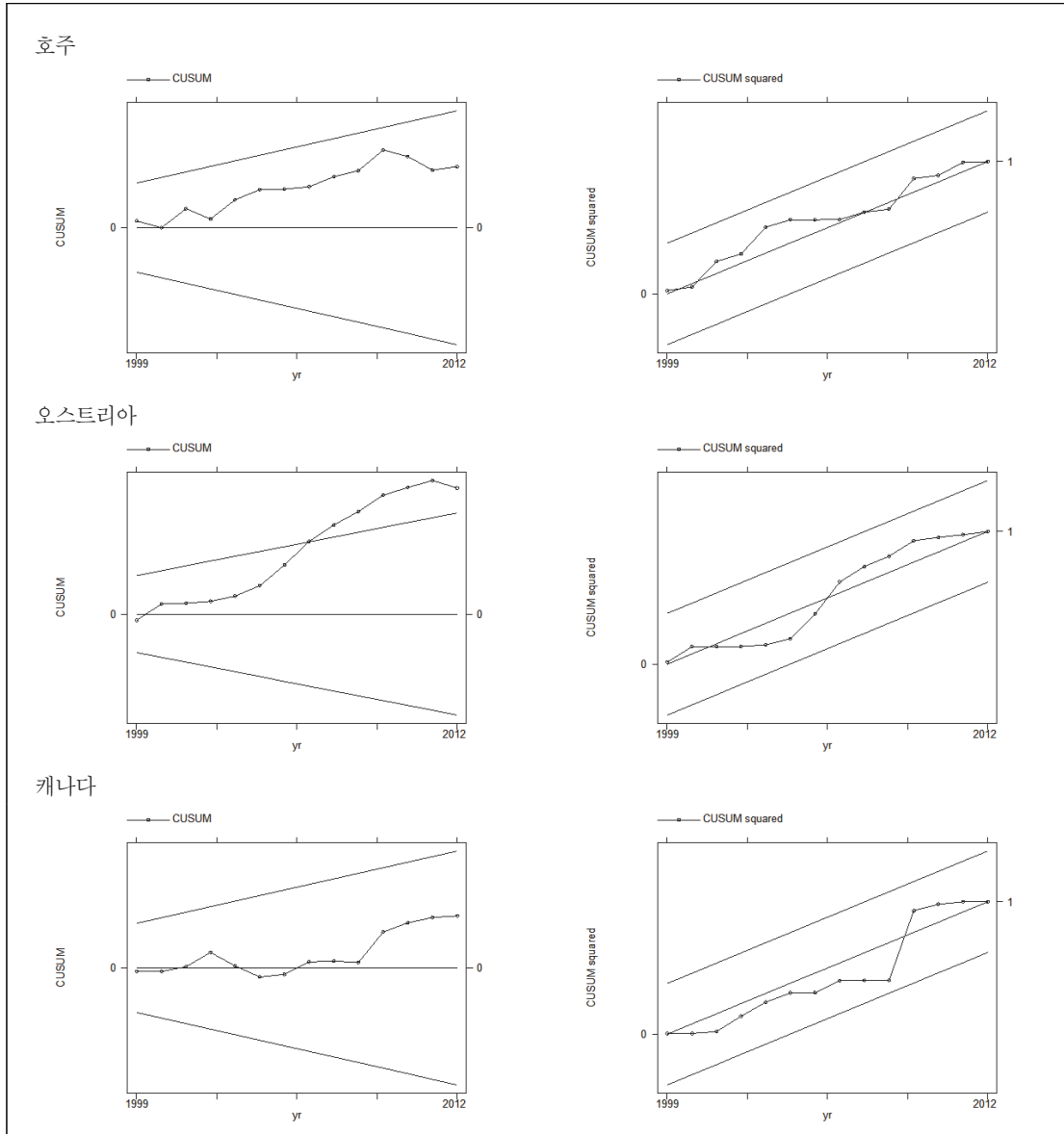
넷째, 정치 환경에서 공중과 전통적인 에너지 산업은 재생에너지 수출성파에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 공중과 전통적인 에너지 산업이 재생에너지 산업의 성장과 수출의 증진에 있어 고려의 대상이 되지 않은 요인임을 의미하는 것은

아니다. 본 연구의 결과는 공중이 재생에너지 관련 사안을 중심으로 담론을 형성하는 중요한 이해관계자일 수는 있지만, 재생에너지 기술 및 제품을 생산하는 산업의 활동에 직접적인 영향을 미치는 정도까지 그 영향력이 크지 않음을 시사한다(Marques and Fuinhas, 2011). 아울러 재생에너지 기술 및 제품의 수출이 전통적인 에너지의 발전에 의해 영향을 받고 있지 않는 것은 전통적인 에너지 산업의 효율제고를 위한 다양한 노력들에 기인할 수도 있다. 그렇지만, 기존의 전통적인 에너지가 주는 가격우위성은 전통적인 에너지 사용을 더욱 촉진시킬 수 있으며, 이는 재생에너지 발전뿐만 아니라 관련 기술 및 제품의 생산 활동에도 바람직하지 않은 영향을 미칠 수 있는 가능성이 존재한다. 따라서 정부는 사회체제 내에서 재생에너지 기술의 중요성, 필요성 등에 대한 인식의 확산과 이를 통한 재생에너지기반 사회로의 전환의 필요성에 기초한 전통적인 에너지 산업의 재편 및 재생에너지 산업의 육성을 위한 다양한 정책수단을 개발하여 수행하여야 한다.

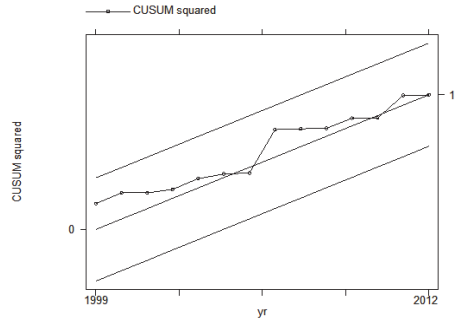
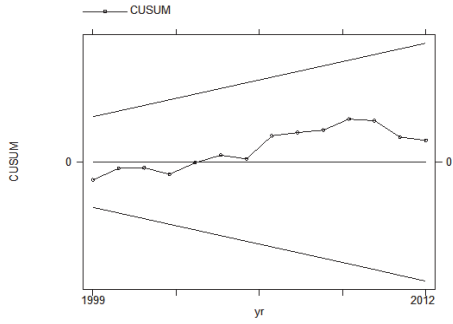
본 연구는 기존 연구의 확장을 통해 추가적인 정치·경제 요인을 탐구하였다는 측면에서 학문적 기여부분이 존재한다. 그렇지만, 표본의 제약에 따른 장·단기 동태관계를 파악하지 못했다는 측면은 한계로 남아있다. 아울러 패널 개체, 즉 OECD 국가 간 존재하는 상호의존성(공간자기상관)을 더미변수를 활용하여 통제하고 있다. 그렇지만, 공간자기상관의 영향을 고려하여 더 효율적인 추정이 이루어질 필요가 있다. OECD 회원국 중 많은 국가가 지역적으로 밀집되어 있는 EU 지역에 위치하고 있어, 이들 국가는 정책 및 에너지 시장의 측면에서 상호의존성이 높을 수 있다. 향후 공간자기상관의 고려를 통한 추정과 공간자기상관의 요인을 밝히는 추가적인 연구가 필요하다.

[부 록]

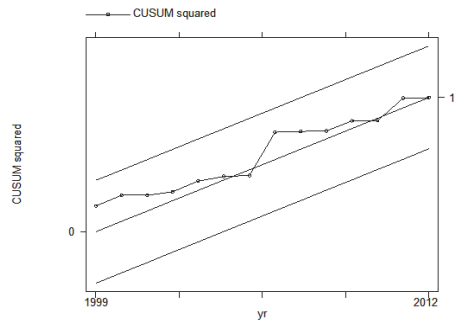
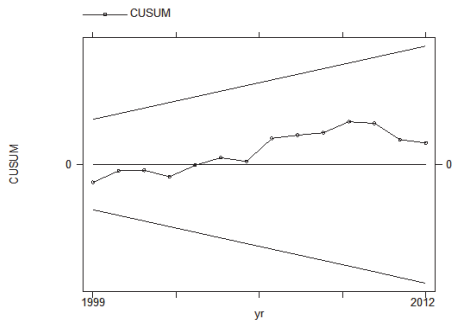
<그림 1> 구조변화분석결과



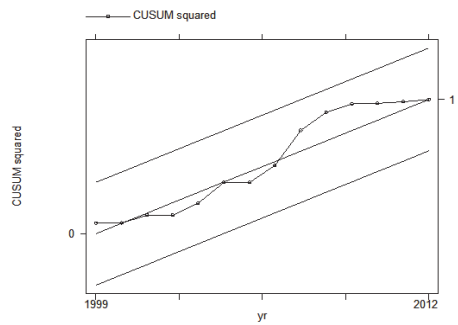
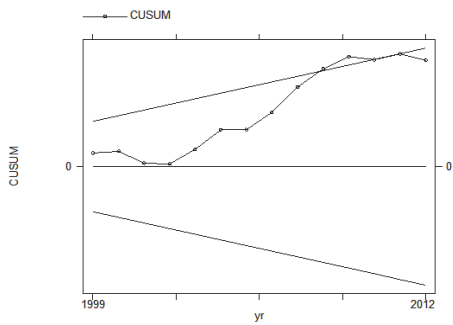
덴마크



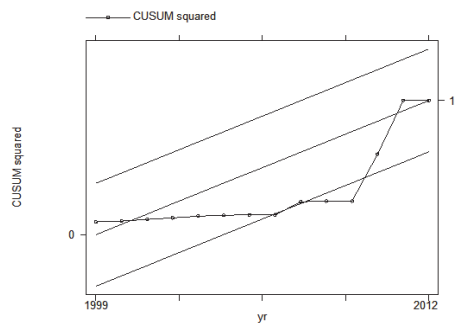
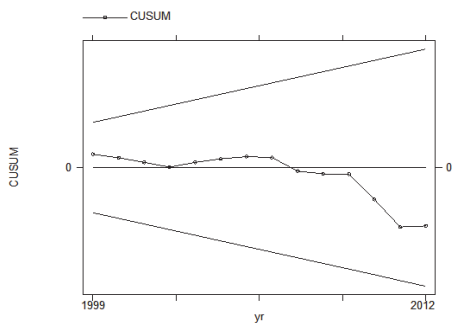
핀란드



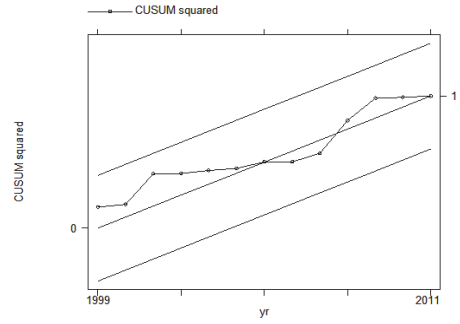
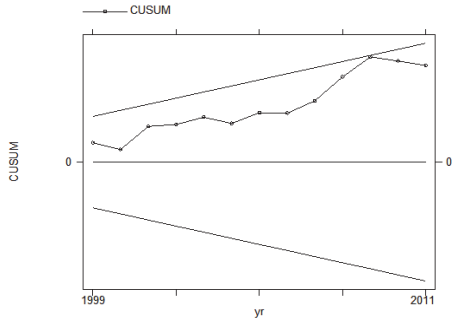
프랑스



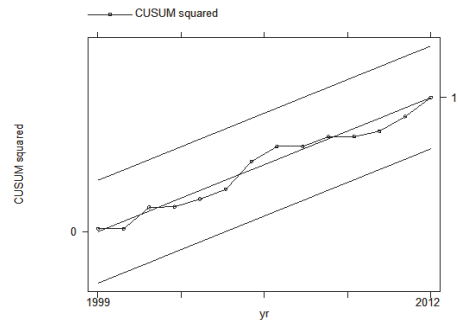
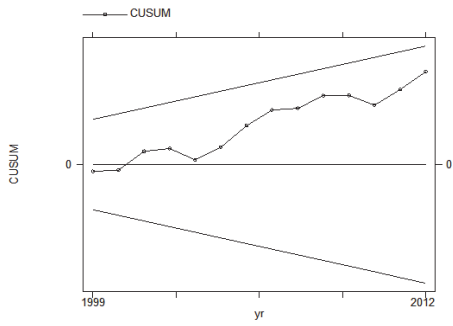
독일



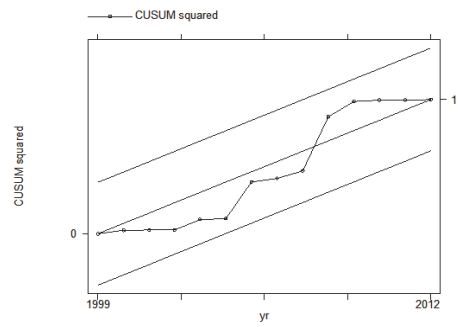
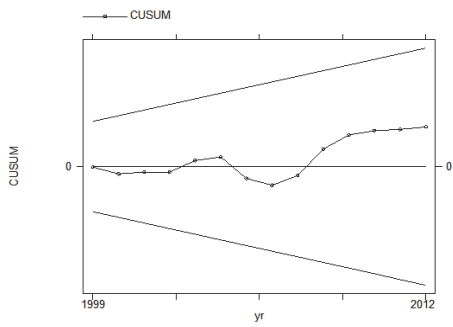
이탈리아



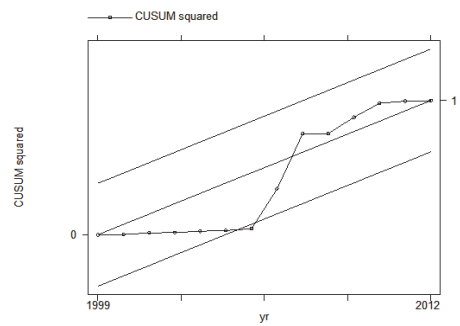
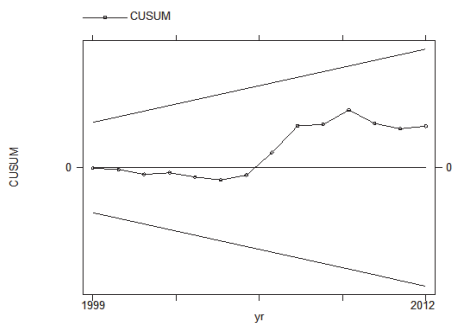
일본



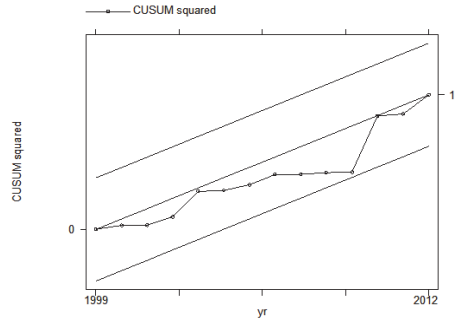
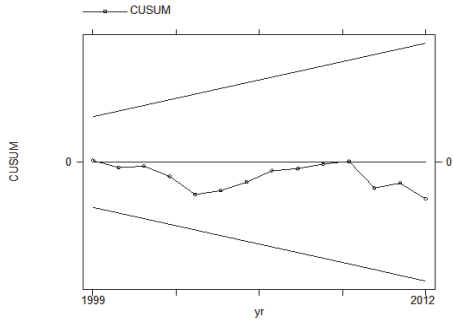
네덜란드



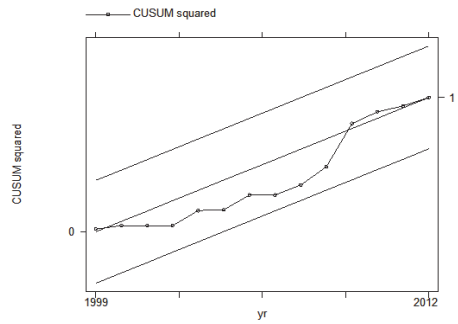
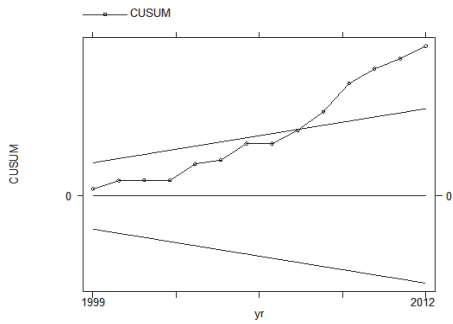
뉴질랜드



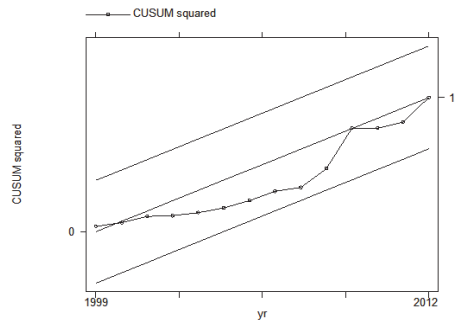
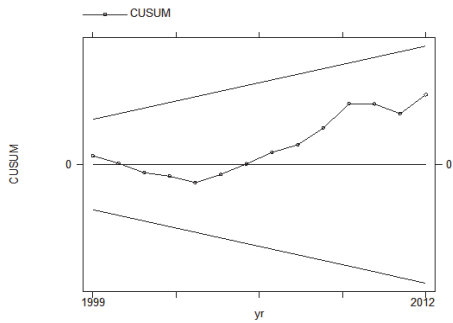
노르웨이



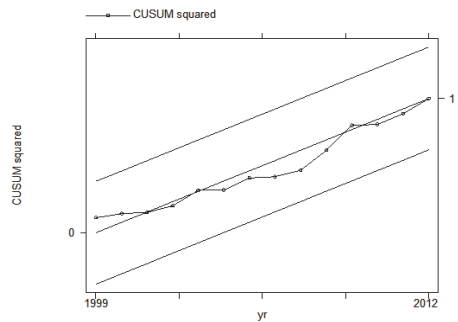
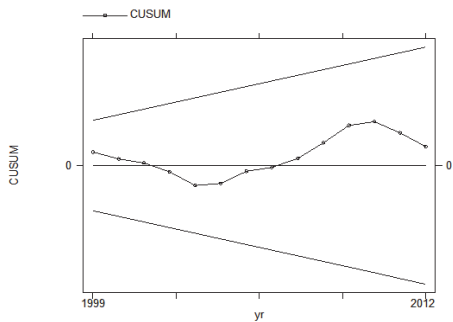
포르투갈



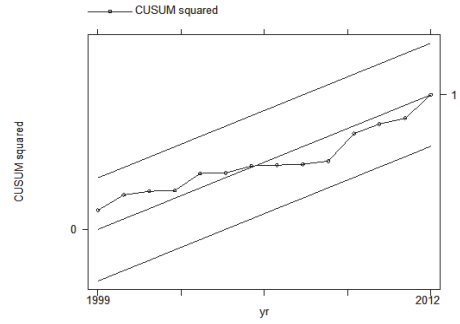
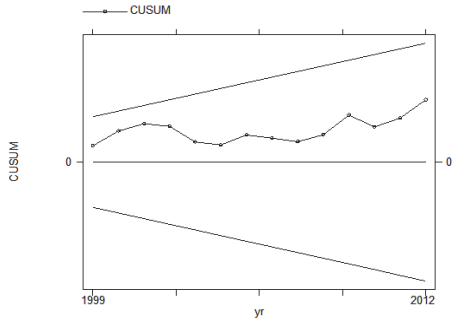
스페인



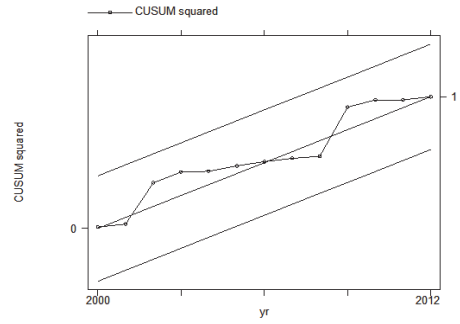
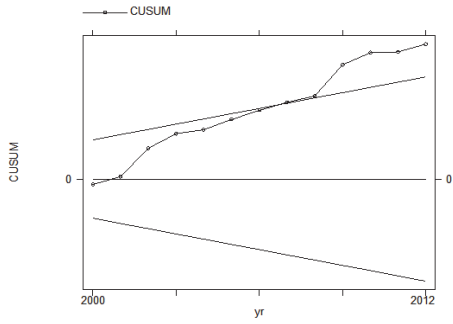
스웨덴



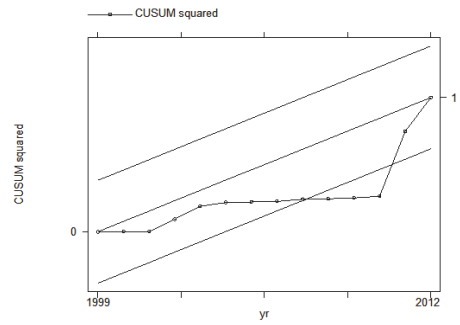
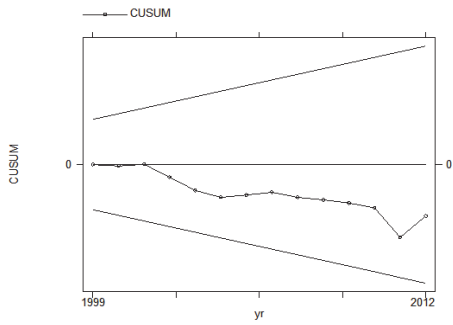
스위스



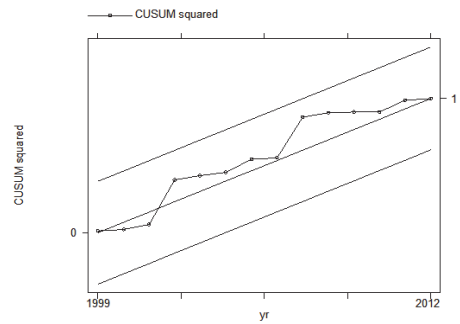
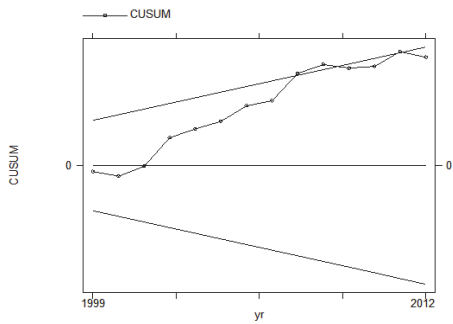
터키



영국



미국



참고문헌

1. Aldrich, H.(1999), *Organisations Evolving*. London, UK: Sage.
2. Algieri, B., A. Antonio, and Succurro, M. (2011), "Going "green": Trade Specialization Dynamics in the Solar Photovoltaic Sector," *Energy Policy*, 39, 7275-7283.
3. Al-mulali, U., H. G. Freidouni, Lee, J. Y., and Sab, C. N. B. C.(2013), "Examining the Bi-directional Long Run Relationship Between Renewable Energy Consumption and GDP Growth," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 209-222.
4. Anderson, T. W., and Hsiao, C.(1982), "Formulation and Estimation of Dynamic Models Using Panel Data," *Journal of Econometrics*, 18, 570-606.
5. Arellano, M., and Bond, S.(1991), "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations," *Review of Economic Studies*, 58, 277-97.
6. Arellano, M., and Bover, O.(1995), "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-components Model," *Journal of Econometrics*, 68, 29-51.
7. Ayari, N., S. Blazsek, and Mendi, P.(2012), "Renewable Energy Innovations in Europe: A Dynamic Panel Data Approach," *Applied Economics*, 44, 3135-47.
8. Baltagi, H. B.(2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, 3rd Edition, England, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
9. Bijker, W. E., Hughes, T. P, and Pinch, T.(1987), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MA: The MIT Press.
10. Blundell, R., and Bond, S.(1998), "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models," *Journal of Econometrics*, 87, 115-143.
11. Bointner, R.(2014), "Innovation in the Energy Sector: Lessons Learnt from R&D Expenditures and Patents in Selected IEA Countries," *Energy Policy*, 73, 733-47.
12. Bruno, G.(2005), "Approximating the Bias of the LSDV Estimator for Dynamic Unbalanced Panel Data Models," *Economics Letter*, 87, 361-366.
13. Cao, J., and Groba, F.(2013), "Chinese renewable energy technology exports: The role of policy innovation and markets," *Discussion Papers 1263*, Berlin: German Institute for Economic Research.
14. Costantini, V., and Mazzanti, M.(2012), "On the Green and Innovative Side of Trade Competitiveness? The Impact of Environmental Policies and Innovation on EU Exports," *Research Policy*, 41, 132-153.
15. Costantini, V., and Crespi, F.(2008), "Environmental Regulation and the Export Dynamics of Energy Technologies," *Ecological Economics*, 66, 447-460.
16. Costantini, V., Crespi, F. Martini, C., and Pennacchio, L.(2015), "Demand-pull and Technology-push Public Support for Eco-innovation: The Case of the Biofuels Sector," *Research Policy*, 44, 577-595.
17. Couture, T., and Gagnon, Y.(2010), "An

- Analysis of Feed-in Tariff Remuneration Models: Implications for renewable energy investment,” *Energy Policy*, 38, 955-965.
18. Covalleski, M. A., and Dirsmith, M. W.(1988), “An Institutional Perspective on the Rise, Social Transformation, and Fall of a University Budget Category,” *Administrative Science Quarterly*, 33, 562-587.
 19. D’Amato, A., Mazzanti, M., and Nicoli, F.(2015), “Waste and Organized Crime in Regional Environments: How Waste Tariffs and the Mafia Affect Waste Management and Disposal,” *Resource and Energy Economics*, 41, 185-201.
 20. Davidson, K.(2014), “A Typology to Categorize the Ideologies for Actors in the Sustainable Development Debate,” *Sustainability Development*, 22, 1-14.
 21. DiMaggio, P. J., and Powel, W. W.(1983), “The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Field,” *American Sociological Review*, 48, 147-160.
 22. Domac, J., Richards, K., and Risovic, S.(2005), “Socio-economic Drivers in Implementing Bioenergy Projects,” *Biomass & Bioenergy*, 28, 97-106.
 23. Ek, K., and Söderholm, P.(2010), “Technology Learning in the Presence of Public R&D: The Case of European Wind Power,” *Ecological Economics*, 69, 2356-2362.
 24. Groba, F.(2011a), “Determinants of Trade with Solar Energy Technology Components: Evidence on the Porter Hypothesis,” *Discussion Papers 1163*, Berlin: German Institute for Economic Research.
 25. Groba, F.(2011b), “Environmental Regulation, Solar Energy Technology Components and International Trade- An Empirical Analysis of Structure and Drivers,” *The Presented Paper in World Renewable Energy Congress 2011*, 8-13 May 2011, Linköping, Sweden. 3670-3677.
 26. Groba, F., and Breitschopf, B.(2013), “Impact of Renewable Energy Policy and Use on Innovation: A Literature Review,” *Discussion Papers 1318*, Berlin: German Institute for Economic Research.
 27. Gross, R., Leach, M., and Bauen, A.(2003), “Progress in renewable energy,” *Environmental International*, 29, 105-122.
 28. Grubb, M.(2004), “Technology Innovation and Climate Change Policy: An Overview of Issues and Options,” *Keio Economic Studies*, 41, 1103-132.
 29. Haas, R., Meyer, N. I., Held, A., Finon, D., Lorenzoni, A., Wisser, R., and Nishio, K.-L.(2008), “Promoting Electricity from Renewable Energy Sources- Lessons Learned from the EU, United States, and Japan,” In: F. P. Sioshansi(Ed.), *Competitive Electricity Markets*, Oxford, UK: Elsevier, 1-48.
 30. Hevlplund, F.(2001), “Political Prices or Political Quantities? A Comparison of Renewable Energy Support Systems,” *New Energy*, 5, 18-23.
 31. Huang M-Y., Alavalapati, J., Carter, D., and Langholtz, M.(2007), “Is the Choice of Renewable Portfolio Standards Random?”

- Energy Policy*, 35, 5571-5575.
32. International Energy Agency(IEA).(2008), *Deploying Renewables: Principles for Effective Policies*, Paris, France: IEA.
 33. Jagoda, K., Lonseth, R., Lonseth, A., and Jackman, T.(2011), "Development and Commercialization of Renewable Energy Technologies in Canada: An Innovation System Perspective," *Renewable Energy*, 36, 1266-1271.
 34. Jarque, C. M., and Bera, A. K.(1987), "A Test for Normality of Observation and Regression Residual," *International Statistical Review*, 55, 163-72.
 35. Jha, V.(2009), "Trade Flows, Barriers and Market Drivers in Renewable Energy Supply Goods: The Need to Level the Playing field," *ICTSD Trade and Environment Issue Paper 10*, Geneva, Switzerland: International Centre for Trade and Sustainable Development.
 36. Johnstone, N., Haščič, L., and Popp, D.(2010), "Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts," *Environmental and Resource Economics*, 45, 133-155.
 37. Judson, R. H., and Owen, A. L.(1999), "Estimating Dynamic Panel Data Models: A Guide for Macroeconomists," *Economics Letters*, 65, 9-15.
 38. Kennedy, P.(1992), *A Guide to Econometrics*, Oxford, UK: Blackwell.
 39. Kim, K., and Kim, Y.(2015), "Role of Policy in Innovation and International Trade of Renewable Energy Technology: Empirical Study of Solar PV and Wind Power Technology," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 171-727.
 40. Krajačić, G., Duić, N., Tsikalakis, A., Zoulias, M., Caralis, G., Panteri, E., and da Graça Carvalho, M.(2011), "Feed-in Tariffs for Promotion of Energy Storage Technologies," *Energy Policy*, 39, 1410-1425.
 41. Lesser, J. A., and Su, X.(2008), "Design of an Economically Efficient Feed-in Tariff Structure for Renewable Energy Development," *Energy Policy*, 36, 981-990.
 42. Lewis, J. I., and Wiser, R. H.(2007), "Fostering a Renewable Energy Technology Industry: An International Comparison of Wind Industry Policy Support Mechanisms," *Energy Policy*, 35, 1844-1857.
 43. Lipp, J.(2007), "Lessons for Effective Renewable Electricity Policy from Denmark, Germany and the United Kingdom," *Energy Policy*, 35, 5481-5495.
 44. Lund, P. D.(2009), "Effects of Energy Policies on Industry Expansion in Renewable Energy," *Renewable Energy*, 34, 53-64.
 45. Marktanner, M., and Salman, L.(2011), "Economic and Geopolitical Dimensions of Renewable vs. Nuclear Energy in North Africa," *Energy Policy*, 39, 4479-4489.
 46. Marques, A. C., and Fuinhas, J. A.(2011), "Drivers Promoting Renewable Energy: A Dynamic Panel Approach," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1601-1608.
 47. McKay, H.(2006), "Environmental, Economic, Social and Political Drivers for Increasing

- Use of Woodfuel as a Renewable Resource in Britain,” *Biomass & Bioenergy*, 30, 308-315.
48. Menanteau, P., Finon, P., and Lamy, M.-L.(2003), “Prices versus Quantities: Choosing Policies for Promoting the Development of Renewable Energy,” *Energy Policy*, 31, 799-812.
 49. Menyah, K., and Wolde-Rufael, Y.(2010), “CO₂ Emissions, Unclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in the US,” *Energy Policy*, 38, 2911-2915.
 50. Mitchell, C., Sawin, J. L., Pokharel, G. R. (2011), “Policy, Financing and Implementation,” In: O. Edenhofer, P. Pichs-Madruga et al.(Eds.), *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Cambridge and New York: Cambridge University Press. 865-950.
 51. Neter, J., Wasserman, W., and Kutner, M. H.(1989), *Applied Linear Regression Models*. Homewood, IL: Richard D Irwin.
 52. Nickell, S.(1981), “Biases in Dynamic Models with Fixed Effects,” *Econometrica*, 49, 1417-1426.
 53. Oliver, C.(1997), “The Influence of Institutional and Task Environment Relationships on Organizational Performance: The Canadian Construction Industry,” *Journal of Management Studies*, 34, 99-124.
 54. Pesaran, M. H.(2007), “A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-section Dependence,” *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265-312.
 55. Pesaran, M. H.(2004), General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *Cambridge Working Papers in Economics No. 0435*, Cambridge, UK: University of Cambridge.
 56. Resch, G., Held, A., Faber, T., Panzer, C., Toro, F., and Haas, R.(2008), “Potentials and prospects for renewable energies at global scale,” *Energy Policy*, 36, 4048-4056.
 57. REN21.(2010), *Renewables global status report: 2010*. Paris, France: REN21 Secretariat.
 58. Roodman, D.(2009), “How to do xtabond2: An Introduction to Difference and System GMM in Stata,” *Stata Journal*, 9, 86-136.
 59. Sarafidis, V., Yamagata, T., and Robertson, D.(2009), “A Test for Cross Section Dependence for a Linear Dynamic Panel Model with Regressors,” *Journal of Econometrics*, 148, 149-161.
 60. Sawhney, A., and Kahn, M. E.(2012), “Understanding Cross-national Trends in High-tech Renewable Power Equipment Exports to the United States,” *Energy Policy*, 46, 308-318.
 61. Sovacool, B.(2009), “Rejecting Renewables: The Socio-technical Impediments to Renewable Electricity in the United States,” *Energy Policy*, 37, 4500-4513.
 62. Sung, B.(2015), “Policy Supports and Export Performance of Bioenergy Technologies: A Dynamic Panel Approach,” *Renewable Energy Reviews*, 42, 477-495.
 63. Sung, B., and Song, W.-Y.(2013), “Causality between Public Policies and Exports of Renewable Energy Technologies,” *Energy*

- Policy*, 55, 95-104.
64. Sung, B., and Song, W.-Y.(2014), "How Government Policies Affect the Export Dynamics of Renewable Energy Technologies: A Subsectoral Analysis," *Energy*, 69, 843-859.
65. Westerlund, J.(2007), "Testing for Error Correction in Panel Data," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69, 709-748.
66. Wooldridge, J. M.(2002), *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Cambridge, MA: MIT Press.

Abstract

An Analysis of the Effects of Political and Economic Forces on the Export of Renewable Energy Technologies[†]

Sung, Bong-Suk^{*} · Liu Nian^{**}

This study investigates the question of how political and economic factors may affect the export of renewable energy technologies. The relationships are tested using panel data for 19 OECD member countries over the period 1992–2012. Before establishing the empirical model, the current study checks the characteristics of the panel data, which includes various panel framework analyses, such as tests for the presence of normality, structural breaks, first-order autocorrelation, heteroscedasticity, cross-sectional dependence, panel unit-root. From the panel framework analyses, a dynamic panel model is established to test the relationship between the variables examined in this study. In order to reduce the bias of the estimation of the dynamic panel model and obtain efficient parameters, this study uses the bias-corrected least square dummy variable(LSDVC) estimator to estimate the empirical model. The results of this study show that governmental policies expressed as coercive pressure and market size positively affect the export growth of renewable energy technologies. However, public pressure and traditional energy industry have no significant effects on export performance. Policy implications are presented based on the results of this study.

Key Words: Renewable Energy Technologies, Economic and Political Factors, Export Performance, Dynamic Panel Approach

[†] This study was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korean government(NRF-2016S1A5A2A02926966)

^{*} Assistant Professor, Dept. International Trade, Kyonggi University, bssung@kgu.ac.kr

^{**} Assistant Professor, Dept. Management, Woosong University, sliunians@gmail.com