

재생에너지 분야 국가 간 기술 확산 및 수렴 : OECD 특허 데이터를 이용한 분석[†]

오근엽*·유진만**

요약 : 본 논문은 OECD 국가의 재생에너지 산업에 대한 특허 데이터를 이용하여 각 국가의 기술개발 수준 추이를 계산하고 이 분야 기술개발에서 각 국가 간에 수렴하는 경향이 있는지를 분석하였다. PCT 출원 특허데이터를 중심으로 시그마 수렴과 베타 수렴 여부를 분석하였으며, 이를 위해서 변동계수, 지니계수, H-H지수 및 Sala-i-Martin의 베타 수렴 회귀식을 추정하여 결과를 제시하였다.

분석한 결과, 기존의 많은 연구들에서와 마찬가지로 산업 전체나 정보통신산업에서는 상대적 수렴 현상을 발견할 수 있었다. 하지만 재생에너지 분야의 경우에는 기술개발 활동수준이 국가 간에 수렴하지 않으며 오히려 최근 더 격차가 벌어지는 것을 발견하였다. 이러한 현상이 나타나는 이유를 본 연구로만으로 찾기는 어렵지만 이 분야가 정보통신 분야 등에 비해 아직 기술 확산이 많이 이루어지고 있지 않은 새로운 분야라는 것을 의미할 수 있다. 다만 상위 5개국만을 따로 분석했을 경우에는 수렴현상이 나타나는 것으로 보아 수렴클럽(convergence club)이 존재할 가능성을 확인할 수 있었다.

주제어 : 재생에너지, 수렴, 특허, 기술확산, 수렴클럽

JEL 분류 : O44

접수일(2013년 10월 21일), 수정일(2014년 2월 13일), 게재확정일(2014년 2월 27일)

[†] 이 논문 또는 저서는 2012년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012S1A5A2A01018932).

* 충남대학교 무역학과 교수, 제1저자 (e-mail: kyoh@cnu.ac.kr)

** 충남대학교 무역학과 초빙교수, 교신저자 (e-mail: manni97@hanmail.net)

Is the technology in renewable energy converging among countries? : Using the patent data of OECD

Keunyeob Oh* and Jinman Yoo**

ABSTRACT : This paper uses patent data of OECD countries in order to investigate if there is converging tendency in renewable energy area. We used the concepts of sigma convergence and beta convergence to measure the convergence. GINI coefficient, HH index are also borrowed from other area of economics. The results show that technology level does not seem to have been converging in this area. Even though the number of patent in relatively less advanced countries has been increased a lot, we could find no evidence that there is the tendency that the gap among the countries have been narrowed. This is quite different from the results of IT industry or other industry since we could find the converging tendency in the data of those industries. Instead, it seems that there is the convergence club among most advance countries in renewable energy area.

Keywords : renewable energy, convergence, patent, technology spillover, convergence club

Received: October 21, 2013. Revised: February 13, 2014. Accepted: February 27, 2014.

* Chungnam National University, First author (e-mail: kyoh@cnu.ac.kr)

** Chungnam National University, Corresponding author (e-mail: manni97@hanmail.net)

I. 서론

본 연구는 재생에너지 산업 분야의 특허 데이터를 이용하여 이 분야 기술 수준이 국가 간에 수렴하는가를 분석한다. 경제성장 분야에서 각국의 소득수준 수렴 여부는 매우 중요한 이슈가 되었고 이들과 관련하여 각 국의 생산성이나 혹은 기술수준이 수렴하고 있는지 여부 혹은 각국의 기술수준에 영향을 미치는 요인이 무엇인지 등에 대한 많은 연구가 이루어져왔다. 이러한 연구들의 연장선 상에서, 본 연구에서는 재생에너지라는 새로운 산업 분야에서 기술수준의 수렴 여부에 대해서 분석하고자 한다. 소위 새로운 산업에서의 수렴 여부에 대한 연구들 중 가장 대표적인 것이 정보통신 산업에서의 수렴 혹은 격차를 연구하는 소위 정보격차(digital divide)에 관한 연구라고 할 수 있다. 이러한 신산업분야는 현대 경제에서 각국의 경제성장을 이끌고 있는 분야이고 따라서 이 분야의 기술수준이나 성장은 바로 국민들의 소득수준과 직결될 수 있기 때문에 매우 중요하기 때문에 연구가치가 크다.

본 연구는 최근 세계의 환경문제와 관련하여 떠오르고 있는 재생에너지 분야를 중심으로 그와 같은 연구를 진행한다. 기술수준은 소득 수준과 직접적 관련이 있기도 하지만 바로 산업 혹은 기업경쟁력을 의미하기도 하고 결국 해당 국가 장래의 경제발전을 설명할 수 있는 부분이기 때문에 신산업에 대한 심도 있는 연구가 필요하다. 또한 본 연구는 OECD 국가를 대상으로 분석한다. 아무래도 새로운 산업은 어느 정도 이상의 기술수준이 있는 선진국들에서 발달되고 있다는 것을 고려하면 개도국이나 후진국들의 특허는 거의 없을 것이기 때문에 세계 모든 국가에 대해 분석하는 것보다는 OECD 국가만을 대상으로 하여 분석하는 것이 더 의미가 있다.

신성장동력산업의 하나인 재생에너지는 온실가스 배출이 거의 없고 화석연료를 대체하는 환경친화형 미래에너지로서 각광을 받고 있으며, 특히 한국의 경우 최근 국제 유가 변동에 따른 영향을 최소화하고 높은 에너지 수입의존도를 탈피할 수 있다는 점에서 더욱 많은 관심을 받고 있는 분야이다. 또한, 일본 후쿠시마 원전사태나 영광원전 고장 이후 불거지고 있는 원자력 대체 에너지원으로 더욱 각광받게 될 것이다. 재생에너지 산업은 전후방 연관효과로 다른 산업에 비해 고용 창출 효과가 높으며, 성장속도가 매우 빠른 대표적인 신산업으로서 태양광, 풍력, 바이오연료를

중심으로 지속적인 성장을 보여 선진국들에서는 이미 정부의 집중적인 투자가 이루어지고 있다.

한국의 재생에너지 활용현황을 보면 재생에너지의 공급이 1999년 189만 toe에서 2010년 685만 toe로 361% 증가하였으며 이는 전체 에너지 공급량 중 약 2.6%를 차지하는 수준으로 1999년의 1.05%보다 매우 많이 증가한 수치이다. 물론 선진국의 수준인 6~15%에 비해 아직은 그 비중이 매우 낮은 편이다. 2010년 기준으로 OECD 국가 중 한국보다 재생에너지 비중이 낮은 국가는 이스라엘 뿐이었으며, 비중이 10%를 넘는 국가들이 많았다.(에너지관리공단, 2010) 즉, 선진국들은 이미 재생에너지에 대한 투자와 발전이 상당 수준 이루어진 것으로 보이며, 이는 한국이 재생에너지에 대한 투자를 늘려야 하는 유인을 제공한다.¹⁾

투자라는 측면에서 보면 한국도 재생에너지 산업을 신성장동력산업으로 선정할 이후 투자에 박차를 가하고 있으나 선진국 연구투자에 비해 미흡한 수준이라고 할 수 있다. 우리나라의 재생에너지의 보급 및 기술개발 등에 관한 투자액은 2005년에 76.9% 증가한 이래 매년 10-30% 정도 소폭 상승한 반면, 세계의 재생에너지 연구 투자액은 2005년 115% 증가하였고, 2006년 2007년에도 각각 87.4% 71.7% 증가하는 등 급격히 투자가 증가하고 있다.

재생에너지 이용설비의 규모와 생산비를 보면 아직까지는 대부분의 경우 에너지 생산단가가 전통에너지원에 비해 상당히 높은 편이다. 이는 대부분의 재생에너지원이 정책적 지원을 필요로 한다는 것을 의미한다. 그러나 재생에너지의 공급비용이 계속 하락하고 또한 전통에너지에서의 비용도 하락하고 있기 때문에 경제성 여부는 정태적이 아니고 동태적 차원에서 보아야 한다. 이때 중요한 점은 어느 쪽의 하락폭이 더 큰가 하는 것인데, 재생에너지기술의 비용 하락폭이 더 크게 나타나고 있다. 여기에 더해 전통에너지원, 특히, 화석연료의 가격상승 추세가 재생에너지에 유리하게 작용하고 있으며 이러한 경향은 최근의 고유가 장기화 및 천연가스, 석탄가격의 동반상승으로 더욱 심화되고 있다.

새로운 산업 분야인 재생에너지 분야의 투자는 세계적으로 소수 국가들에서 주로

1) 본 연구에서는 재생(renewable)에너지 산업이 분석대상이지만 여타의 국내 연구들에서는 재생에너지에 연료전지, 수소에너지, 석탄가스를 더하여 신재생에너지 산업을 중심으로 자료들이 보고되고 있다.

이루어지고 있기 때문에, 한국은 이들 국가에 비해서는 후발주자라고 할 수 있지만 여타의 국가들에 비해서는 상대적으로 앞서 나가는 움직임을 보이고 있다고도 할 수 있고 이러한 투자의 결과들은 결국 기술개발 및 특허출원으로 이어지고 있다.

최근 5년간의 자료를 보면, PCT(Patent Cooperation Treaty) 출원 기준으로 볼 때 우리나라는 전체 특허 출원도 세계의 4~5위에 위치하고 있으며 재생에너지 분야도 비슷한 순위를 차지하고 있다.²⁾ 본 연구는 이러한 재생에너지 분야의 특허출원 데이터를 이용하여 각국 간의 기술수준 수렴 여부를 분석하되 정보통신산업 등 타 분야와의 비교분석을 병행하도록 한다.

이하 II에서는 기술수준의 수렴 이론에 대한 간단한 설명과 기존 연구를 제시하고 III에서는 연구모형과 데이터, 실증분석 방법을 설명한다. IV에서는 실증 분석 결과를 제시하고 V에서는 결론을 맺는다.

II. 수렴이론 및 기존연구

1. 수렴이론 및 특허 데이터

최근 경제성장 분야에서 진행되어 온 중요한 이슈 중의 하나가 각국의 경제수준이 수렴할 것인가 하는 문제이다. 신고전파 성장이론(neoclassical growth theory)의 주장은 일인당 국민소득 수준이 수렴하여 현재 소득수준이 낮은 국가들의 소득수준이 선진국들에 가까이 가게 된다는 것이다(예컨대 Baumol, 1986). 신고전파경제학에서는 외생적인 기술혁신 요인이 발생했을 때 경제가 성장하게 되는데 자본의 한계생산성 체감 법칙 작동에 따른 성장을 하락, 선후진국간의 교류로 인한 수렴, 기술혁신의 확산 등으로 인해 결국은 장기균형 상태로 모든 경제가 수렴하게 된다고 보고 있다. 하지만 내생적 성장이론(endogenous growth theory)에서는 물적자본뿐 아니라 지식 등 인적자본을 중심으로 경제가 성장하게 된다는 것을 강조하고 있다. 특히 이들 생산요소의 경우 한계생산력체감의 법칙이 작동한다기보다는 오히려

2) 전통적으로는, 국제적으로 특허를 인정받으려는 모든 국가에 출원을 하여야 하였으나 현대에서는 번거로움을 피하기 위해 PCT 국제출원방법이 있다. 이는 국적국 또는 거주국의 특허청에 하나의 PCT 출원서를 제출하고, 그로부터 정해진 기간 이내에 특허획득을 원하는 국가(지정(선택)국가)로의 국내 단계에 진입할 수 있는 제도로서 PCT 국제출원의 출원일이 지정국가에서 출원일로 인정받을 수 있다.

R&D 증가 등을 통해 내생적으로 경제성장요인이 발생하게 되며 이에 따라 각국의 경제가 수렴할 이유가 없다는 주장을 펼치고 있다(예컨대 Romer, 1994).

이러한 대립된 이론에 따라 경제수렴 여부에 대해서 수많은 논쟁과 이론적 실증적 분석이 있어 왔다. 실증적 연구들은 연구대상에 따라 상반된 결과들을 보여주고 있으며 때로는 특정 그룹 내에서의 수렴성을 보여주는 수렴클럽(convergence club) 현상을 발견하기도 하고 또는 경제 조건에 따라 혹은 산업이나 분야에 따라 수렴 현상이 나타나는 것을 발견하기도 하였다(Aghion and Howitt, 2009). 또한 기술확산 속도에 따라 수렴 여부가 달라지기도 한다.

본 연구는 이러한 수렴관련 연구의 맥락에서 국가 간 수렴문제를 연구하되 기술 수준을 중심으로 분석한다. 소득수준이나 경제성장은 결국 생산성에 의해서 결정되며 생산성은 기술수준에 의해 달려있는 것이라고 보기 때문이다. 그런데 기술수준의 수렴은 기술확산(technology diffusion) 정도 및 속도에 의해 결정된다고 볼 수 있으며 또한 기술확산 속도는 해당 기술 분야에서의 모방 비용이나 제도 등의 조건에 따라 달라진다고 보고 있다(예컨대, Barro, 1999). 따라서 기술수준의 수렴 여부를 분석하는 것은 바로 소득수준의 수렴 여부에 직결되는 것이라고 할 수 있다. 예컨대 Detragiache(1998)에서는 기술수준의 확산과 일인당 소득 수렴사이의 직접적 관계에 대해서 이론 모형을 통해서 제시하고 있다.

다만 기술수준에 대한 직접적인 실증분석은 이루어지기가 어려운데 그것은 기술 수준을 나타내줄 수 있는 수량적 데이터를 구하여 다루기가 쉽지 않기 때문이다. 이에 따라 많은 연구는 해당 분야의 연구기관이나 국제기구에서 발표한 지수(indicator)들을 이용하는 경향이 있다. 예컨대 Oh and Kathuria(2012)에서는 아시아 국가들 사이의 정보통신산업 분야의 수렴 여부를 ITU에서 발표한 ICT 지수들을 이용하여 분석하였으며 그 결과 상대적으로는 상호 간의 격차가 적어지고 있으나 절대적 수준이라는 측면에서는 오히려 격차가 벌어지는 발산 현상이 발생하고 있음을 지적하기도 하였다. 또한 연구개발지출 데이터를 이용하거나 혹은 생산성을 계산하여 수렴 여부를 분석하기도 한다(예컨대, 조상섭 외, 2004, 2006).

그런데 최근 국내외적으로 특허데이터가 잘 정비되어 이러한 부분을 보완하여 주고 있다. 즉, 특허가 지식의 대리변수(proxy variable) 역할을 할 수 있기 때문에 특

허 데이터는 경제성장 연구에 매우 유용하다는 인식이 퍼져왔다. 예컨대 Schmookler (1952)가 특허와 성장 간의 관계에 대해 실증분석한 이후 특허 통계는 미국 경제성장을 대리할 수 있는 변수로 생각되게 되었다. 실제로 Griliches (1990)은 특허통계가 기술을 측정하는 데는 가장 유용한 변수라고 할 수 있다고 주장한 바 있다. 최근에는 Jaffe(1986) 이후 국제특허 데이터가 잘 정비되고 있으며 이에 따라 특허 데이터를 이용한 많은 연구들이 이루어지고 있다.

특허 데이터를 이용한 연구의 몇 예를 들면, Bottazzi & Peri(2001)는 유럽 몇몇 나라에서의 특허출원이 다른 나라의 R&D를 증가시킨다는 결론을 얻는 등 기술확산 문제를 다루고 있으며, Eaton & Kortum(1996)는 OECD 내에서 특허인용(citation)에 바탕을 둔 기술전파가 분명하게 나타나고 있음을 보였다. Kim et al.(2009)에서는 1981~1991년 사이 한국 제조업에서 총 요소생산성에 대한 특허의 영향을 분석하였다. 산업별 패널 데이터를 사용하여 국내뿐 아니라 외국인들의 특허출원이 산업의 생산성에 긍정적 영향을 끼쳤으며, 외국인들의 특허 출원이 국내 특허출원보다 오히려 더 큰 영향을 끼치는 지식전파(spillover)가 이루어지고 있음을 밝혀낸 바 있다.

이러한 연구들에서 보듯이 특허는 기술수준 및 그 전파에 대한 연구에서는 매우 유용한 데이터이다. 본 연구에서는 PCT에 출원된 특허 데이터를 이용하여 각국의 기술수준을 측정하며 이를 통해 국가 간 수렴 여부를 분석하게 된다.

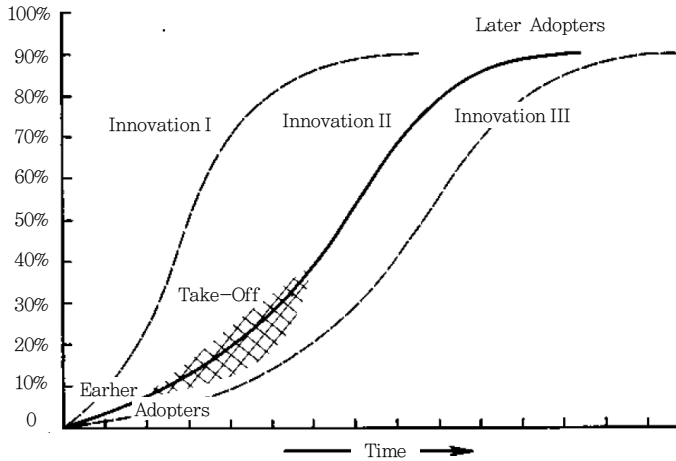
2. 기술확산: S-curve 이론

신기술이 선진국에서 개발되었을 경우 가장 일반적인 기술확산(technology diffusion) 형태로는 S-곡선 형태가 있다. 이는 Rogers(1983, 제1판은 1962년에 출간) 이후 많은 실증 연구들에서 채택되고 있는 바 간단히 설명하면 다음 그림과 같다.

시간이 흐름에 따라 기술확산은 초기에는 천천히 이루어지다가 어느 정도 후에는 급격히 상승하고 다시 정체하기 시작하는 S자 형태로 발전한다. 이에 따라 기술개발국이 아닌 타국(일반적으로 후진국)에서는 이 기술을 습득하게 되고 선진국과 비슷한 S자 형태로 기술수준이 진행되게 된다. 이러한 경우 장기적으로는 모든 국가들에서 기술수준이 비슷해지는 장기균형상태가 존재하게 된다. 물론 시간이 지남에

따라 선진국에서는 새로운 기술이 다시 개발될 것이므로 기술격차가 현실 경제에서 줄어들고 국가 간에 수렴할 것인가 하는 문제는 논쟁의 여지가 있다.

<그림 1> 기술 확산 모형 (Rogers, 1983, p.11)



<그림 1>은 이러한 상황을 잘 나타내주고 있다. 본래 이 그림은 국가 간 기술확산을 설명하기 위한 것은 아니었으나 본 연구에서는 국가 간 격차를 분석하는 데 응용하고자 한다. 이 그림에서 어느 시점에서 보느냐에 따라 각국의 격차가 나는 것을 볼 수 있다. 기술개발 초기에는 선진국과 후진국 사이의 기술수준이 더 격차가 벌어지는 기간이 있고 충분한 시간이 지난 후에야 서로간에 수렴하게 될 것이다. 따라서 본 연구에서 수렴 여부를 분석하게 되면 현재 이 산업분야의 발전이 어느 단계인지 가늠할 수 있을 것으로 보인다.

III. 측정 방법 및 데이터

1. 측정 방법

σ-수렴 및 전통적인 지수들

어느 지표가 서로 수렴하는지 혹은 발산하는지를 알아보는 가장 쉬운 방법은 시

간이 흐름에 따라 표준편차가 커지는지 작아지는지를 분석하는 것이다. 이를 소위 ‘ σ -수렴성(σ -convergence)’이라고 한다. 표준편차가 작아지는 추세에 있다면 서로 간에 수렴한다고 할 수 있을 것이기 때문이다. 하지만 많은 경제지표의 경우 시간이 흐름에 따라 커지는 경향이 있고 본 연구의 분석대상인 특허 데이터의 경우에도 기술개발이 진전됨에 따라 출원수가 급격히 증가하였다. 이러한 데이터에서는 표준편차의 크기가 커지는 것이 일반적이므로 표준편차 크기만을 측정해서는 수렴 여부에 대한 적절한 지표로 쓸 수 없으며 전체적인 크기 변화를 반영해 주기 위해 평균값으로 나누어 주어야 한다. 이를 변동계수(coefficient of variation, 혹은 변이계수)라고 하며 “ $CV = \sigma / \text{평균}$ ”의 식으로 나타난다. 이 값이 작아지면 수렴한다고 할 수 있다.

한편 소득분배 분야에서는 지니계수(Gini coefficient)나 허쉬만-허핀달(Hirschman-Herfindahl) 지수들을 이용하여 소득이 가계들에 어느 정도 불평등하게 분포하고 있는가를 분석하는데, 이러한 방법을 본 연구에 응용하여 수렴 여부를 볼 수 있을 것이다. 예컨대 특허를 보유한 국가들에 대해 계산한 지니계수가 커지면 이는 각국 사이에 특허보유가 집중화되는 것을 의미하며, 따라서 특허들이 국가 간에 수렴하지 않고 특허를 많이 가진 국가들이 더욱 특허를 많이 가지게 됨을 의미한다. 이러한 개념은 허쉬만 허핀달 지수(S 가 각국이 전체에서 차지하는 비중이라고 할 때 $HH = \sum Si^2$, $0 < HH \leq 1$ 로 정의됨)나 혹은 집중도를 나타내는 다른 지수들의 경우에도 똑같이 해석될 수 있을 것이다. 본 논문에서는 그러한 지수들을 계산하여 수렴 여부를 분석하고자 한다.

β -수렴 모형

Baumol(1986), Barro and Sala-i-Martin(1991, 1992, 1995)들은 소득수준의 수렴 여부에 대하여 초기 수준과 증가율간의 관계를 분석함으로써 알 수 있다고 주장한다. 기본적으로, 초기수준이 높은 국가에서 증가율이 낮고 초기수준이 낮은 국가에서 증가율이 크면 결국 수렴하게 될 것이라고 할 수 있기 때문이다. 이러한 논리를 이용하여 구체적으로는 Barro & Sala-i-Martin(1995, pp.386-88)에서 실증분석을 위

해 제시하고 있는 식은 다음과 같다.

$$(1/T) \cdot \log(y_{it}/y_{i0}) = a - [(1 - e^{-\beta T})/T] \cdot \log(y_{i0}) + \mathbf{b}_i \cdot \mathbf{S}_{it} + u_{i0,T} \quad (1)$$

여기에서 y_{it} , y_{i0} 는 각각 말기 및 초기의 i 국가의 특허 수, \mathbf{S}_{it} 는 각국 고유의 특성을 나타낸다. 본 연구에는 각국 특성을 분석하지는 않았기 때문에 실제 분석에서는 \mathbf{S} 부분을 이용하지는 않는다. 이제 위 식을 비선형회귀분석하여 만일 $\beta > 0$ 이면 각국 간 특허가 수렴하는 것을 의미하며 $\beta < 0$ 이면 수렴하지 않는 것을 의미한다.

2. 산업 분류 및 데이터

2009년 지식경제부에서는 신재생에너지 산업을 태양전지, 연료전지, 해양바이오, 해양에너지, 폐자원에너지, 농산바이오매스에너지, 산림바이오매스 자원화, 청정석탄에너지로 구분하여 각 산업의 HS 코드 분류를 발표하였으나 Gross et. al.(2003), Jha(2009), Silverman and Worthman(1995)에 따르면, 재생에너지 산업은 6개의 세부산업, 즉 바이오매스에너지 산업, 수력에너지 산업, 풍력에너지 산업, 태양에너지 산업, 지열에너지 산업, 해양에너지 산업으로 구성되어 있다. 또한, 신재생에너지센터에서는 태양광, 태양열, 바이오에너지, 풍력에너지, 소수력에너지, 해양에너지, 폐기물에너지, 지열에너지로 구분하고 있다. 본 연구에서 사용한 특허데이터는 OECD (stats.oecd.org)³⁾에서 출원국, 출원일을 기준으로 PCT 특허 데이터를 직접 추출하였으며 이를 신재생에너지센터의 분류를 기준으로 정리한 것이 <표 1>이다.

3) 데이터 출처는 (http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=PATS_IPC)이다. 각국의 개별특허 데이터는 산업별로 구하기가 쉽지 않아 OECD patent database에서 제공하는 PCT 데이터를 사용하였다. PCT를 이용하면 각국의 개별특허 데이터를 이용하는 것에 비해 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 각국의 개별특허를 이용할 경우 각국에서의 특허 심사기준이 다를 수 있어 PCT에 비해 조금은 국가별 차이가 더 날 수 있다. 둘째, 각국에서 출원하는 특허 중에서 PCT 출원 특허는 출원자 입장에서 볼 때 그 중에서도 나름대로 가치 있는 기술이라 생각된다. 이러한 과정에서 자연스럽게 스크리닝하는 효과가 있으며 이에 따라 PCT 데이터를 이용하는 것이 각국 사이의 비교에서는 유용할 수 있다. 다만 실제로 해당국에 진입하지 않는 특허데이터까지 포함한다는 문제가 있을 수 있다.

〈표 1〉 재생에너지 세부산업(기술) 분류

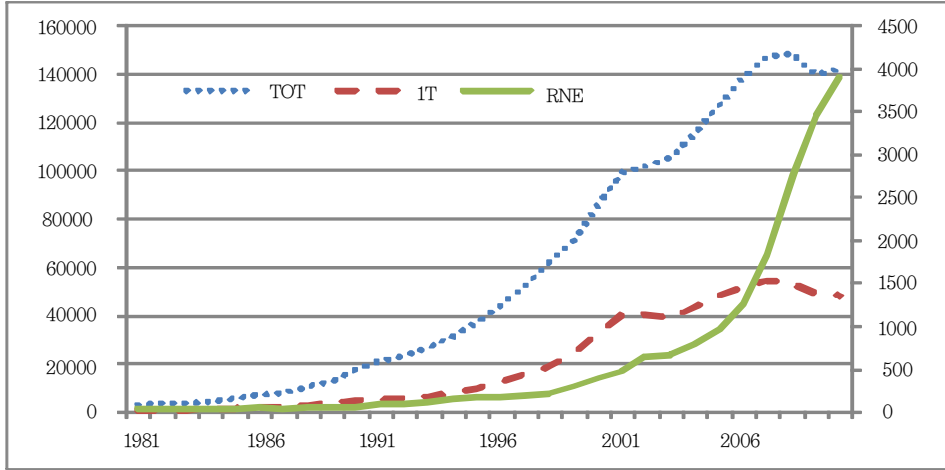
신재생에너지센터	지경부(2009)	Jha(2009)	OECD 기술분류
태양광	태양전지		solar photovoltaic e.
태양열		태양에너지	solar thermal e.
바이오에너지	해양, 농산, 산림바이오매스	바이오매스에너지	bio fuel
풍력에너지		풍력에너지	wind energy
소수력에너지(수력)		수력에너지	hydro energy
해양에너지	해양에너지	해양에너지	marine energy
폐기물에너지	폐자원에너지		fuel from waste
지열에너지		지열에너지	geothermal

OECD 특허 데이터 베이스에서 특허 수를 추출할 때 여러 가지 기준들 중 선택할 수 있도록 되어 있는데, 본 연구에서는 PCT출원(Patent applications filed under the PCT), 출원국(Applicant's country of residence), 출원일(Application date)기준으로 OECD 특허기술분류 중 Renewable energy generation와 Energy generation from fuel of non-fossil origin의 특허수를 합하여 재생에너지 특허로 정의하였으며 OECD 특허기술분류는 <부록 표 4>에 나타나 있다. 그리고 이와 같은 기술분류에 따라 직접 추출한 데이터를 계산하여 정리한 내용이 <부록 표 1>과 <그림 2>에서 보여지고 있다. 이를 통해 지난 30년간 OECD 국가들의 특허는 급격히 증가해왔음을 알 수 있으며⁴⁾ 특히 재생에너지 분야의 특허 수는 전체 특허 수에 비하면 절대 수는 작지만 2006년 이후 최근 5년 동안 더욱 급격히 증가해왔다. 그림에서 재생에너지 특허는 우측 축의 수치를 이용하고 있다.⁵⁾ 마지막 해인 2010년의 경우를 보면 PCT에 출원한 총 특허 수는 약 14만 건인데 이 중에서 정보통신 분야가 약 5만 건이고 재생에너지 분야는 4,000건 정도인 것을 알 수 있다.

4) 재생에너지 분야는 신산업 분야라서 특허 초기에는 OECD 국가들의 특허가 세계 전체의 특허와 거의 비슷하다.

5) 본 연구가 OECD 국가들을 중심으로 한 것이어서 중국 러시아 브라질 싱가포르 등 특허 강국들이 빠져 있는데 이들을 포함하여 다시 계산해 보아도 전체 연구의 방향과는 큰 차이가 없다. 이들 국가를 포함한 분석결과는 부록표에 제시되어 있다.

〈그림 2〉 최근 30년간의 세계 각국 특허 추이



OECD 국가 중 미국이 1위, 일본이 2위, 독일이 3위를 차지하고 있으며 한국은 4위 국가이다. 30년 전체를 보면 한국은 약 7위 정도에 해당하는 국가이지만 최근에는 계속해서 4위권에 있다. 이러한 경향은 전체 특허뿐 아니라 IT 분야든 재생에너지 분야든 큰 차이가 없음을 알 수 있다.⁶⁾ 그림에서는 1981년부터 30년에 대해서 보여주고 있으나 재생에너지 산업은 새로운 산업분야이므로 이하에서는 최근 20년 및 10년에 대해서 의미가 있을 것으로 판단하여 이 부분을 보고하도록 한다.

IV. 실증분석 결과

1. 시그마 수렴

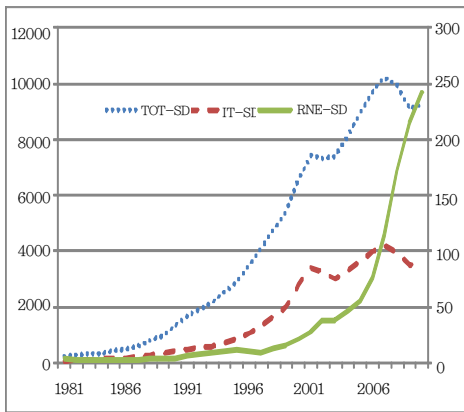
표준편차 및 변동계수 이용 결과

σ -수렴성을 보기 위해 표준편차를 계산하여 연도별로 분석하였더니, 재생에너지

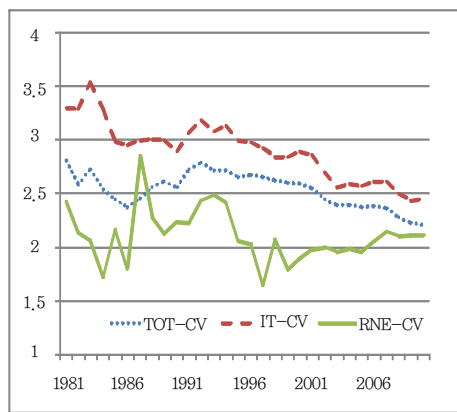
6) 이들 특허에서 미국이 차지하는 비중이 매우 크기 때문에 특허데이터를 이용한 분석에서는 주의를 요한다. 또한 본 연구는 OECD국가들을 대상으로 한 연구이기 때문에 최근 세계 4위 정도에 위치하고 있는 중국이 빠져 있다는 점을 유의해야 한다. 중국은 산업전체에서뿐 아니라 IT분야 특허에서도 2010년 현재 4위에 있으며 이에 따라 한국은 세계 전체적으로 5위 국가이다. 단 재생에너지 분야에서는 한국이 4위, 중국이 5위에 이르고 있다.

산업의 경우 특허 수가 적기 때문에 절대적인 규모는 매우 작지만 모든 산업에서 표준편차가 급격하게 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 전체적으로 특허 수가 증가하기 때문에 나타나는 일반적인 현상이다. 실제로 표준편차 추이를 보여주고 있는 <그림 3-a>는 특허수를 표시한 앞의 <그림 2>와 모양이 매우 비슷함을 알 수 있다. 이로부터 표준편차의 크기를 이용하여 수렴 여부를 분석하는 것은 의미가 없으리라는 것을 알 수 있다.

<그림 3-a> 산업별 표준편차 비교



<그림 3-b> 산업별 변동계수 비교



따라서 변동계수(coefficient of variation)를 계산하여야 하는데 이는 표준편차를 평균으로 나누어준 값이다. $CV = \sigma / \text{평균}$ 이 결과는 <그림 3-b>에 표시되어 있다. 이하에서는 표준편차의 크기를 계산한 결과는 자세하게 설명하지 않도록 한다.

<그림 3-b>에서는 재생에너지의 변동계수는 해마다 변동하기는 하지만 전체적으로 일정한 수준 근처에서 움직이는 것을 볼 수 있다. 실제의 값들은 부록 표에 제시되어 있으며 여기에서는 그림을 중심으로 설명하도록 한다. 특히 1990년대 후반 이후를 보면 전체 산업이나 정보통신산업에서는 국가 간 특허출원이 서로 수렴하는 경향이 있는데 비해 재생에너지 산업 분야의 특허는 국가 간에 그다지 수렴하지 않는 것으로 보인다. 특히 재생에너지 분야의 특허가 상당한 수준이 되는 2000년대만을 보면 오히려 변동계수가 증가하는 것을 볼 수 있다.

이는 OECD 내의 국가들 중에서도 이 분야 기술개발은 특정의 몇 개국에 주로 이루어지고 있으며 국가 간의 격차가 더 벌어지고 있는 상황을 암시한다. 반면 전체 특허나 정보통신산업 분야의 특허가 국가 간에 수렴하고 있음에 비추어 재생에너지 분야는 그렇지 않다는 것은 많은 시사점을 주고 있다.

지니계수, H-H 계수

〈표 2〉 산업별 지니계수 및 H-H 지수의 추이

	산업	1991	2001	2006	2010
H-H	TOTAL	0.241	0.215	0.191	0.168
	IT	0.298	0.263	0.223	0.200
	RNE	0.171	0.141	0.149	0.156
Gini	TOTAL	0.842	0.812	0.809	0.796
	IT	0.879	0.845	0.845	0.833
	RNE	0.806	0.765	0.761	0.779

이 지수에서 보면 전체 산업 및 정보통신 산업에 대해서는 지속적으로 집중도가 감소하고 있으나 재생에너지 산업의 경우에는 1990년대 초기를 제외하면 그러한 현상이 나타나고 있지 않다.

2. 베타수렴

이제 Barro & Sala-i-Martin(1995)에서 제시된 (1)식에 대한 비선형(nonlinear) 회귀 분석 결과는 <표 3>에 나타나고 있다.⁷⁾ 이때 데이터들은 모두 횡단면 데이터이어서 이분산 문제가 발생할 수 있기 때문에 White 일치추정량(White Heteroskedasticity-Consistent Standard Errors)을 사용하였다.

7) 중국 러시아 등 OECD 국가는 아니지만 특허가 많은 국가들을 포함한 결과는 부록에 제시되고 있다. 대체적으로 결과는 이 국가들을 포함시키지 않았을 때와 대동소이하다.

〈표 3〉 OECD 34개국에 대한 β -수렴성 분석 결과

	2001-2010			1991-2010		
	TOTAL	ICT	RNE	TOTAL	ICT	RNE
α	0.164*** (3.651)	0.129*** (4.779)	0.147*** (6.117)	0.210*** (14.931)	0.150*** (11.344)	0.118*** (7.879)
β	0.018*** (2.330)	0.019*** (3.277)	-0.010 (-1.415)	0.023*** (5.436)	0.008*** (2.362)	-0.014*** (-2.021)
$\overline{R^2}$	0.302	0.290	-0.004	0.536	0.085	0.031
n	34	34	34	34	34	34

TOT: 산업 전체, IT:정보통신산업, RNE:재생에너지산업. ()의 숫자는 t 값임.

이 표에서 보면 재생에너지 산업의 경우에 지난 10년 데이터에서는 베타 값들이 모두 음수가 나오고 있는데 다만 유의하다고 할 수는 없다. 이로부터 우리는 재생에너지 분야의 기술개발 혹은 기술수준이 국가 간에 수렴한다는 증거를 찾을 수 없다고 해석한다. 더구나 지난 20년 데이터에서는 -0.014의 계수가 유의한 것으로 보아 오히려 이들 특허는 국가 간에 격차가 더 많이 나타나고 있다고 해석할 수 있다. 그런데 이와 달리 산업 전체에 대해서는 계수가 지난 20년 동안 0.023의 값으로 나타나고 있다. 이는 매년 2.3%의 비율로 각국간의 격차가 감소하고 있음을 의미한다. 또한 지난 10년 동안에 대한 계수도 0.018로서 역시 양수로 나타났다. 정보통신산업의 경우 1991년부터 2010년까지 20년 동안 동계수는 0.008로 조금 더 작기는 하지만 역시 양수값으로 나온 것으로 보아 역시 속도는 느리지만 수렴하는 경향이 있음을 보여주고 있으며, 2001년 이후의 데이터에서는 이보다 약간 더 큰 수인 0.019를 보여주고 있어 최근 10년 동안에는 수렴하는 속도가 약간 더 빨라지고 있음을 알 수 있다.⁸⁾ 이상의 결과에서 볼 때 본 연구의 주요 연구대상인 재생에너지 산업은 여타 전체 산업이나 정보통신 산업과는 반대로 국가 간 기술수준이 수렴하지 않고 있다고 해석할 수 있다.

8) 정보통신산업의 경우, Oh & Kathuria(2012)에서는 특허 데이터가 아닌 전기통신 분야의 국제기구인 ITU의 정보통신지수를 이용하여 이러한 수렴경향을 발견하고 있으나 다만 계수가 이렇게 작기 때문에 상대적으로는 수렴하고 있으나 절대수준은 국가 간에 격차가 더 벌어지고 있다고 주장하고 있음에 유의할 필요가 있다.

3. 수렴그룹 존재 가능성

재생에너지 산업에서의 기술수준이 OECD 국가 전체적으로 보면 수렴하지 않는다고 해도 수렴클럽(convergence club)이 존재할 가능성을 생각해보자. 소득수렴 연구들에서도 세계 모든 국가들을 대상으로 분석을 하면 수렴현상이 나타나지 않지만 일부 국가들 특히 소득이 높은 선진국들을 분석하면 수렴현상이 나타난다는 것이 일반적인 연구결과(stylized facts)이다. 따라서 본 연구에서도 기술수준이 높은 국가들 사이에 이러한 수렴가능성이 있을 수 있다고 보고 분석한다. 기술수준에 대한 대리변수는 특허이기 때문에 본 연구에서는 2010년 총 특허 출원수를 기준으로 하여 가장 많이 출원한 5개국, 10개국, 20개국으로 분류하여 분석해 보았으며 그 결과는 <표 4>에 나타나고 있다.

<표 4> 그룹별 수렴 가능성 분석 결과

		2001-2010			1991-2010		
		TOTAL	ICT	RNE	TOTAL	ICT	RNE
n=5	β	0.083 (0.021)	0.135 (0.064)	0.103 (0.050)	0.193 (0.016)	0.103 (0.038)	0.084 (0.011)
	$\overline{R^2}$	0.835	0.803	0.884	0.976	0.953	0.931
n=10	β	0.041 (0.192)	0.086 (0.255)	0.096 (0.247)	0.236 (0.127)	0.124 (0.222)	0.096 (0.247)
	$\overline{R^2}$	0.129	0.334	0.243	0.833	0.797	0.243
n=20	β	0.018 (0.079)	0.032 (0.058)	0.049 (0.194)	0.156 (0.031)	0.060 (0.070)	0.049 (0.194)
	$\overline{R^2}$	0.063	0.164	0.118	0.729	0.564	0.118

주: ()안의 수는 유의확률(p-value)이며, 특히 최다국 순서로 구분해보았더니 최상위 5개국은 2010년 기준으로 총특허가 8,000개 이상, 10개국은 3,000개 이상, 20개국은 1,000개 이상인 경우로 분류되었음.

<표 4>에서 지난 10년간의 데이터에 대한 분석결과를 중심으로 설명해보자.9) 베타계수를 보면, 전체 산업의 경우 상위 5개국에 대해서만 분석해보았을 경우 0.083

9) 위의 결과에서 상수항에 대해서는 보고를 생략하였는데 모든 경우에서 상수항은 유의한 것으로 나타났다.

으로 나와서 <표 3>에서 보았던 0.018에 비해서 훨씬 큰 수가 나왔으며 유의한 결과를 얻고 있다. 이는 OECD 전체 국가에 비해 상위 5개국 사이에서는 훨씬 빠른 속도로 기술수준의 수렴현상이 발생하고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 ICT 산업에서도 동일하게 나타난다. 그런데 분석대상을 상위 10개국, 20개국으로 증가시켜 감에 따라 이 계수의 크기는 작아지는 경향이 있다. 재생에너지 산업의 경우에도 상위 5개국만 분석했을 경우에는 0.103으로 상당히 빠른 속도로 수렴하는 것을 알 수 있으며 유의확률도 5%에 가까운 수치가 나온 것을 볼 때 수렴현상을 주장할 수 있다. 또한 계수는 포함된 국가 수가 증가됨에 따라 작아진다는 사실도 똑같으며 10개국, 20개국이 경우에는 유의한 수렴 결과가 나타나지 않고 있다.¹⁰⁾

이러한 결과는 지난 20년간의 데이터에 대해서 분석했을 때에도 다르지 않다. 상위 5개국 사이에는 기술 수렴현상이 존재함을 볼 수 있으며 20개국으로 증가시켰을 경우에는 앞의 표에서와 마찬가지로 전체 산업이나 정보통신 산업의 경우에는 수렴 현상이 나타나고 있지만 재생에너지 산업에서는 그러한 현상을 발견할 수 없다.

이러한 결과는 소득수렴을 연구하는 기존 문헌들에서 보여준 바와 같이 선진국들 사이에는 기술이나 무역 등 상호교류가 빠르고 이미 기술수준이 어느 정도 확보된 상태에서 신기술을 받아들일 능력이 있다는 것을 시사하며 결국 재생에너지 산업에서의 기술분야에서도 수렴그룹이 존재할 수 있음을 보여준다.

V. 결론

본 논문은 OECD 국가의 재생에너지 산업에 대한 특허 데이터를 이용하여 각 국가의 기술개발 수준 추이를 계산하고 이 분야 기술개발에서 각국가 간에 수렴하는 경향이 있는지를 분석하였다. PCT 출원 특허 데이터를 중심으로 시그마 수렴과 베타 수렴 여부를 분석하였으며 이를 위해서 변동계수, 지니계수, H-H 지수 등을 계산하였으며 Sala-i-Martin의 식을 이용하여 비선형회귀분석을 수행한 결과를 제시하였다.

10) 사실 5개국이나 10개국 20개국 들의 경우 관찰치 수가 너무 작기 때문에 이러한 해석에 대해서는 주의를 요한다.

분석한 결과, 기존의 많은 연구들에서와 마찬가지로 산업전체나 정보통신산업에서는 상대적 수렴현상을 발견할 수 있었다. 하지만 재생에너지 분야의 경우에는 기술개발 활동수준이 국가 간에 수렴하지 않으며 오히려 최근 더 격차가 벌어지는 것을 발견하였다. 다만, 기술수준 상위 국가들을 중심으로 분석하면 정보통신 산업이나 전체 산업에서는 물론이고 재생에너지 산업에서도 국가 간 수렴현상이 나타남을 알 수 있었으며 소위 **convergence club**의 존재현상이 이 분야에서도 나타나고 있다고 해석된다. 이러한 결과로부터, 특정 선진국 이외의 국가들에서의 이 분야 기술수준 증진을 위한 국가 간 협력이 요구된다고 할 수 있다.

재생에너지 분야에서 일반적으로 수렴현상이 나타나지 않고 있는 이유를 본 실증 연구로만으로는 찾기는 어렵지만 몇 가지 생각해 볼 수 있다. 첫째로 이 분야가 정보통신 분야 등에 비해 아직 기술 확산이 많이 이루어지고 있지 않은 새로운 분야라는 것을 의미할 수 있으며, 둘째로 재생에너지 분야는 국가 간 기술과급이 타 분야에 비해서 잘 일어나지 않는 특성을 갖고 있을 수도 있다. 구체적인 요인에 대해서는 추가적 연구가 필요한 상황이다.

한편, 단순히 특허출원 수를 이용한 본 연구는 기술수준에 대한 대리변수로서 한계가 있으며 특허인용 등 특허의 질 문제를 고려할 수 있을 때 보다 더 정확한 분석이 가능할 것으로 보인다.

[References]

1. 에너지관리공단, 「신재생에너지보급통계」, 2010
2. 조상섭, 강신원, 국가 간 Technology 수렴에 대한 비교분석, 국제경제연구 10, 2004, pp. 259-275.
3. 조상섭, 강신원, 권성혁, 국가 간 기술혁신수렴속도 측정에 관한 연구, 무역학회지 31, 제5권, 2006, pp. 23-38.
4. 지식경제부, 「신성장동력 업종 및 품목분류」, 2009.
5. Aghion, Philippe and Peter Howitt, *The Economics of Growth*, 2009, The MIT Press.

6. Barro, R. J. and X. Sala-i-Martin, "Convergence across States and Regions," *Brookings Papers on Economic Activity*, 1991, pp. 107-182.
7. _____, "Convergence," *Journal of Political Economy* 100, 1992, pp. 223-251.
8. _____, *Economic Growth*, McGraw Hill, 1995.
9. Baumol, W., "Productivity Growth, Convergence, and Welfare," *American Economic Review* 76, 1986, pp. 1072-1085.
10. Bottazzi, L. and G. Peri, "Innovation and Spillovers in Regions: Evidence from European Patent Data" Working Paper, 2001, *University of Bocconi*.
11. Detragiache, Enrica, "Technology Diffusion and International Income Convergence," *Journal of Development Economics* 56 1998. pp. 367-92.
12. Eaton, J. and S. Kortum, "Trade in Ideas: Patenting and Productivity in OECD Countries", *Journal of International Economics*, 40, 1996, pp. 251-258.
13. Griliches, "Patent Statistics as Economic Indicators; A Survey," *Journal of Economic Literature* 18, 1990, pp. 1661-1701.
14. Gross, R., M. Leach, and A. Bauen, "Progress in Renewable Energy," *Environmental International* 29, 2003, pp. 105-122.
15. Jaffe, A., "Technological Opportunity and Spillovers of R & D: Evidence from Firms, Patents, Profits, and Market Value", *American Economic Review* 76, 1986, pp. 984-1001.
16. Jha, V., "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, 2009, International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva, Switzerland.
17. Kim, T., K. Maskus, and K. Oh, "Effects of Patents on Productivity Growth in Korean Manufacturing : A panel data analysis", *Pacific Economic Review* 14, 2009, pp. 137-154.
18. Oh, K. and V. Kathuria, "Digital-divide Across Asian countries: Is the Convergence Robust?", *Korea and World Economy* 13(3), 2012, pp. 451-475
19. Romer, P. M., "Increasing Returns and Long-Run Growth," *Journal of Political Economy* 94(5), 1986, pp. 1002-1037.
20. Rogers, Everett, *Diffusion of Innovations*, Third Edition, 1983, Free Press, New York

21. Schmookler, J., "The Changing Efficiency of American Economy :1869-1938," *Review of Economic Statistics* 34(3), 1952, pp. 213-321.
22. Silverman, M. and S. Worthman, "The future of renewable energy industry," *The Electricity Journal* 8(2), 1995, pp. 12-31.
23. http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=PATS_IPC

〈부록 표 1〉 OECD 각국 분야별 특허 수

	Total			IT			RNE		
	최근 5년	30년	5년 순위	최근 5년	30년	5년 순위	최근 5년	30년	5년 순위
US	241,378	681,774	1	92,133	258,941	1	4,168	5,848	1
Japan	144,146	271,545	2	64,993	117,897	2	2,148	2,921	2
Germany	85,820	228,976	3	18,802	57,022	3	1,715	2,669	3
Korea	36,095	54,805	4	16,199	23,931	4	678	750	4
France	34,171	84,033	5	11,424	26,130	5	479	720	7
U.K	24,699	86,027	6	7,236	25,616	8	523	868	5
Netherlands	21,838	56,313	7	8,601	25,238	6	287	454	11
Switzerland	18,772	44,785	8	3,791	8,856	11	239	419	12
Sweden	17,606	54,418	9	7,802	20,183	7	162	349	16
Italy	13,580	31,428	10	2,070	4,818	14	325	408	9
Canada	12,160	32,853	11	4,813	11,502	10	296	425	10
Finland	10,049	27,337	12	5,404	13,369	9	115	195	18
Australia	9,122	29,589	13	2,468	7,589	13	201	421	13
Israel	8,052	17,924	14	3,032	7,144	12	181	230	14
Spain	6,905	13,290	15	1,318	2,301	15	426	520	8
Denmark	5,913	17,713	16	1,089	3,290	16	522	789	6
Belgium	5,125	12,122	17	881	2,264	18	60	130	20
Austria	5,066	12,778	18	1,000	2,249	17	126	215	17
Norway	3,045	9,614	19	683	2,022	20	176	282	15
Ireland	2,339	5,189	20	810	1,694	19	65	91	19
Turkey	1,794	2,526	21	238	314	23	37	50	22
New Zealand	1,660	4,599	22	322	1,003	22	42	63	21
Luxembourg	1,329	2,847	23	334	657	21	23	33	26
Mexico	962	1,804	24	99	174	28	27	35	25
Hungary	767	2,835	25	128	435	24	18	46	29
Czech Rep.	692	1,493	26	101	195	26	20	31	28
Poland	683	1,489	27	114	231	25	21	37	27
Portugal	528	854	28	100	144	27	36	47	23
Slovenia	516	1,003	29	67	142	30	9	14	30
Greece	433	1,040	30	68	144	29	32	51	24
Iceland	276	590	31	32	112	32	3	6	34
Chile	197	240	32	26	33	34	6	7	32
Slovak Rep.	160	400	33	30	60	33	8	16	31
Estonia	155	236	34	46	70	31	5	5	33

〈부록 표 2〉 OECD 산업별 표준편차 및 변동계수 추이

	TOT-SD	IT-SD	RNE-SD	TOT-CV	IT-CV	RNE-CV
1981	139.86	42.03	2.08	4.91	5.76	4.16
1982	155.49	50.93	1.90	4.53	5.69	3.80
1983	180.91	66.56	1.62	4.80	6.15	3.76
1984	188.71	67.39	1.42	4.49	5.73	3.17
1985	258.89	87.75	1.69	4.32	5.23	3.84
1986	293.32	99.38	1.88	4.17	5.14	3.30
1987	345.79	119.64	1.76	4.31	5.21	5.03
1988	479.02	162.84	2.77	4.46	5.24	4.01
1989	582.98	176.61	2.31	4.54	5.18	3.73
1990	806.52	238.57	2.59	4.50	5.05	3.98
1991	1,011.64	280.00	3.83	4.77	5.34	3.95
1992	1,143.25	310.36	4.57	4.87	5.52	4.27
1993	1,286.82	332.91	5.32	4.74	5.34	4.27
1994	1,506.34	412.97	6.79	4.73	5.41	4.09
1995	1,741.47	507.93	7.00	4.64	5.21	3.69
1996	2,102.05	643.16	6.50	4.67	5.17	3.61
1997	2,479.24	791.11	5.92	4.63	5.09	2.99
1998	2,876.75	961.61	7.92	4.56	4.94	3.58
1999	3,252.28	1,182.16	9.74	4.51	4.92	3.23
2000	3,951.39	1,668.82	13.50	4.47	5.01	3.29
2001	4,512.98	2,039.06	17.26	4.38	4.95	3.47
2002	4,452.97	1,945.95	23.38	4.23	4.67	3.48
2003	4,509.17	1,793.57	24.10	4.12	4.43	3.37
2004	4,923.21	1,982.22	28.79	4.11	4.45	3.41
2005	5,441.55	2,201.78	34.42	4.07	4.41	3.36
2006	5,926.91	2,396.61	46.90	4.05	4.40	3.45
2007	6,229.32	2,527.80	70.72	3.99	4.35	3.54
2008	6,108.65	2,386.47	105.63	3.83	4.15	3.55
2009	5,635.28	2,139.32	132.33	3.72	4.02	3.56
2010	5,768.12	2,164.19	150.11	3.63	3.95	3.53
2011	5,811.32	2,231.67	67.07	3.76	4.14	3.47

TOT: 산업전체, IT:정보통신산업, RNE:재생에너지산업, SD:표준편차, CV:변동계수

〈부록 표 3〉 중국 러시아 인도 싱가포르 남아공 브라질 포함 40개국 분석결과

	2001-2010			1991-2010		
	TOTAL	ICT	RNE	TOTAL	ICT	RNE
α	0.163*** (3.753)	0.136*** (5.349)	0.167*** (7.248)	0.241*** (12.063)	0.178*** (9.267)	0.127*** (9.646)
β	0.017*** (2.245)	0.019*** (3.420)	-0.005 (-0.640)	0.032*** (4.541)	0.016*** (2.638)	-0.010 (-1.450)
$\overline{R^2}$	0.211	0.183	-0.021	0.521	0.163	0.002
n	40	40	40	40	40	40

〈부록 표 4〉 OECD 특허 기술분류

Biotechnology			
ICT			
Nanotechnology			
Medical technology			
Selected environment-related technologies	General Environmental Management		
	Energy generation from renewable and non-fossil sources	Renewable energy generation	- Wind energy
			- Solar thermal energy
			- Solar photovoltaic energy
			- Solar thermal: PV hybrid
			- Geothermal energy
			- Marine energy
			- Hydro energy: tidal, stream or damless
			- Hydro energy: conventional
		Energy generation from of non-fossil origin	- Biofuels
			- Fuel from waste
Combustion technologies with mitigation potential			
Technologies specific to climate change mitigation			
Technologies with potential or indirect contribution to emissions mitigation			
Emissions abatement and fuel efficiency in transportation			
Energy efficiency in buildings and lighting			

*본 연구에서는 Renewable energy generation과 Energy generation from fuel of non-fossil origin을 재생에너지기술로 정의하였다.