

글로벌 과학기술지식 네트워크의 지형변화에 관한 연구: G20 국가를 대상으로*

홍 형 등**

본 연구는 G20 국가를 중심으로 한 글로벌 과학기술 지식 네트워크의 지형변화와 그 특징을 분석하고자 하였다. 지난 20년간 논문과 특허수 등 지식생산활동에서 G20국가들이 차지하는 비중변화와 국가의 R&D투입, 활동 및 산출지수를 활용한 지식생산 및 활용구조를 분석하였다. 본 연구를 통하여 글로벌 과학기술혁신 활동의 지형변화가 가시화되고 있음을 확인하였다. 특히 2008년 금융위기 이후 더욱 빠르게 글로벌 경제질서가 바뀌고 있으며, 지식기반사회에서의 국가간 지식 및 인력의 유동성 증가로 인한 급격한 변화가 일어나고 있다. 그동안 G7국가 중심의 글로벌 과학기술지식 흐름의 비중이 줄어들고 중국, 인도, 브라질 등 신흥국가들의 등장과 한국, 북유럽 등의 강소국의 역할증대 등 그 중심이 이동하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 글로벌 지식흐름의 변화는 곧 글로벌 경제흐름에 반영되어 나타날 것으로 보인다.

[주제어: G20, 글로벌 과학기술지식, 지형변화, 연구개발]

I. 서론

지식기반사회에서는 국가경제에서 지식이 차지하는 중요성이 크고, 혁신 주체간 혹은 국가간 지식과 기술 및 인력의 유동성 증가로 그 지형변화가 매우 빠르게 일어나고 있다. 이러한 세계 지식흐름의 변화는 곧 세계경제흐름에 반영되어 나타나는 선행지표로서의 성격을 갖는다. 2008년 글로벌 금융위기이후 세계질서가 재편되고 있으며, 그 중심에는 신흥국이 대거 포진된 G20국가¹⁾들이 있다. G20회의는 2008년 기존 G7국가 외에 세계경제의 주역으로

* 이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-1-B00728)

** 강원대학교 교수(hdhong@kangwon.ac.kr).

1) G20개 국가들은 G7국가들인 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국, 이탈리아, 캐나다 및 EU(유럽연합)과 한국, 중국, 인도, 브라질, 러시아, 멕시코, 인도네시아, 호주, 사우디아라비아, 아르헨티나, 남아프리카 공화국, 터키이다.

등장한 신흥국을 포함하여 ‘99 비공식 재무장관회의’로 출범하였다. G7을 넘어서는 국제 공조 체제 필요성에 대한 논의는 1990년대초 미국 재무성 내에서 시작되어 결국 G20 정상회의가 글로벌 경제위기 해소를 위한 선진국과 신흥국 간 긴밀한 정책공조 필요성에 따라 G20 재무장관회의가 G7을 대체하는 세계 정상회의로 격상된 것이다. 이러한 국제 경제적 환경변화에 따라 글로벌 과학기술지식활동 네트워크의 지형 역시 빠르게 바뀌고 있으며, 이러한 현상들로 세계의 관심은 향후 글로벌 과학기술혁신체제가 어떻게 변화될 것인지에 대한 관심이 높다. 지식기반의 네트워크 사회(Knowledge Based Network Society)에서는 더욱이 이러한 과학기술 지식의 생산과 흐름이 국가 및 세계경제 발전에 중요한 역할을 하고 있다.

이와 같은 맥락에서 최근 기술혁신을 기존의 국가혁신체제(NIS)에서 글로벌혁신체제(GIS, Global Innovation System)로의 확장된 개념으로 수용하려는 움직임이 확산되고 있다. 세계 과학논문 중 국제공동논문 비중이 1988년에 8%수준이었으나 2003년에는 20%로 크게 증가하였다(NSF, 2006: 25). 또한 다국적 기업에 의한 해외 연구개발 투자의 증가로 OECD 국제공동특허 비중이 1992년 10.7%에서 2000년 14.3%로 증가한 것으로 나타났다(OECD, 2003: 135). 이러한 현상은 선진국들의 경우도 과학 기술역량의 자체강화뿐만 아니라 외국과의 파트너십 체결 및 강화를 적극 추진하고 있으며, 미국, 일본, 러시아, 중국 등 우리나라를 둘러싼 과학기술 강국간 국제적 연계 및 협력 현상에서도 볼 수 있다.

따라서 세계의 과학기술지식 네트워크분석을 통한 경제 성장의 원동력으로서 지식의 창출 및 확산 과정을 살펴보는 것은 세계 지식흐름의 방향을 이해하고 나아가 세계경제질서 재편방향을 예측해볼 수 있다. 즉, 다양한 조직들 간의 복잡한 상호작용에 의한 기술혁신 과정을 글로벌 혁신체제(Global Innovation System; GIS) 차원에서 종합적으로 분석할 필요가 있다. 특히, 국가혁신체제를 이끄는 주요 동력인 기술지식 확산과정을 정량적으로 분석하고자 하는 연구가 주목 받고 있으나, 이들은 대부분 투입 산출표의 산업연관 관계를 활용한 체화된 기술지식의 흐름을 토대로 하고 있다. 그러나 실제 과학기술지식의 생산과 흐름은 과학기술 혁신요소와 유무형 재화의 유통 등 종합적으로 분석되어야 한다.

본 연구는 자국중심의 국가혁신체제와 정태적인 기존 연구의 한계를 개선하고 G20국가들을 대상으로 한 글로벌 과학기술지식 네트워크의 거대한 흐름(Mega-Trends)과 구조변화의 Big Picture를 그리는 데 연구의 목적이 있다. 구체적으로 세계 주요 과학기술 주도 국가들을 중심으로 한 과학기술 네트워크 파악 및 지식의 흐름과 구조를 분석하고자 하는 초기 단계의 연구로서, 국가간 과학기술 비체화 지식 흐름을 바탕으로 지식의 연계구조와 그 특성을 분석하고자 한다. 이를 위해 과학기술지식의 대용지표로 논문과 특허 및 논문의 공동연구 자료를 활용하고, 네트워크 분석을 사용하여 세계의 과학기술지식흐름 구조와 특성을 거시적인 구도와 변화에 초점을 두어 가시적으로 표현하고자 한다.

본 연구에서 G20 국가를 중심으로 한 글로벌 과학기술지식 네트워크 구조의 변화를 분석하기 위하여 2000년과 2010년 데이터를 사용하여 지난 10년간의 네트워크 지형변화를 분석하였으며, 2010년은 G20 정상회의의 한국 개최로 더욱이 G20의 역할과 글로벌 경제 주도 가능성에 많은 관심을 가지고 있는 이때 본 연구는 이러한 가능성에 대한 답을 줄 수 있을 것이다. 더욱이 본 연구는 갑작스럽게 찾아온 글로벌 금융위기와 세계경제질서 재편의 소용돌이 속에서 G20의 가능성에 대한 탐색적 연구로서 기존 연구가 없어 선도적인 연구로서의 의의를 갖게 될 것이다.

II. 국가간 과학기술 지식네트워크 및 흐름 구조 분석을 위한 모형

본 연구를 위한 배경이론과 분석모형은 국가혁신체제와 글로벌혁신체제에 대한 이해와 혁신체제에서의 과학기술지식의 생산과 흐름 및 네트워크 분석에 대한 개념적 이해를 바탕으로 하고 있다.

1. 글로벌혁신체제(GIS)와 국가혁신체제(NIS)

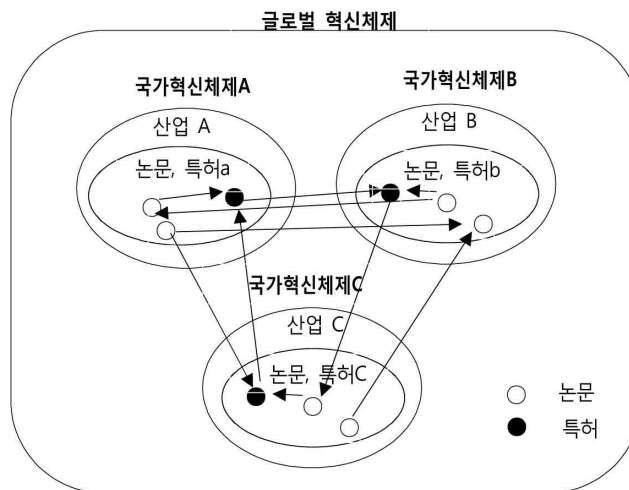
글로벌혁신체제(GIS)는 1980년대 후반 이후 많은 관심의 대상이 되어온 국가혁신체제(NIS)의 개념에서 국가차원의 혁신을 세계차원의 혁신으로 개념적 확대를 한 것이다. 따라서 글로벌 혁신체제의 분석 역시 체제 구성요소와 요소들간의 관계와 상호작용 등을 주된 분석 대상으로 하고 있다. 국가혁신체제론은 기존의 신고전파 경제학적 접근방법과는 다른 시각에서 기술혁신을 파악하고 있다(Lundvall, 1992; Edquist, 1997; Freeman and Soete, 1997; Tidd et al., 1997; Metcalfe, 2001). 현재 OECD (1997: 21-29)나 EU에서 주된 접근으로 활용되고 있는 국가혁신체제론은 기술혁신과 과학기술정책을 분석하는 지배적인 패러다임이 되고 있다.

국가혁신체제는 기술혁신에 대한 기존의 부분적이고 단계적인 접근의 한계를 국가 전체적인 관점에서 다루고자 등장한 개념으로(Freeman, 1982: 5-6; Lundvall, 1992: 37-38; Nelson and Rosenberg, 1993: 89), ‘새로운 기술을 획득하고 개량하며 확산시키기 위하여 관련기술행위와 상호작용을 수행하는 공공 및 민간부문 조직간의 연계망이다’(Freeman(1982: 37). 따라서 글로벌혁신체제는 국가를 포함한 국가혁신체제에서 기술혁신행위에 관련된 구성요소들을 모두 포괄하는 종합적이고 집합적인 개념으로 볼 수 있다.

본 연구에서 글로벌 과학기술지식 생산 및 활동 구조분석을 위해 가정하고 있는 글로벌

혁신체제(GIS)와 국가혁신체제(NIS), 혁신주체(Innovation Actors)간의 지식생산 및 활동의 구조(Knowledge Network)는 <그림 1>과 같다. 우선 글로벌혁신체제와 혁신주체에 대한 개념적 전제를 바탕으로 정태적인 지식의 축적(Stock)측면에서 G20국가의 과학기술지식 생산기반을 분석하고, 동태적인 지식의 변화측면에서 글로벌혁신체제와 국가혁신체제속의 국가 및 산업간 지식 흐름 구조를 가시적으로 나타내고자 한다.

<그림 1> 글로벌 혁신체제와 과학기술 지식네트워크



국가혁신체제는 다양한 구성요소들의 연결망으로 이루어져 있고 기술혁신이나 발전이 이러한 구성요소들과의 연계 속에서 나타나므로 글로벌혁신체제를 연구함에 있어서 우선 이를 구성하는 다양한 구성요소와 이들 간의 네트워크를 분석하여야 한다. 물론 국가혁신체제를 구성하고 있는 요소들에 대한 합의는 없으며, 분석수준이나 접근방법에 따라 차이가 있다(Freeman, 1987; Nelson, 1994; Lundvall, 1992). 본 연구에서는 이러한 국가혁신체제를 구성하고 있는 요소들의 역할과 과학기술혁신역량 변화분석에 초점을 둘 것이며, 이것은 G20국가의 부상과 현실을 파악하기 위한 수단이면서 동시에 네트워크형성이라는 바람직한 상황을 달성하기 위한 정책적 수단의 발견이란 이중적 의미로 사용하게 될 것이다.

2. 글로벌혁신체제에서 과학기술 지식생산 및 활동구조

국가혁신체제에서 과학기술 지식의 생산 및 활동은 기술혁신과 새로운 경쟁원천의 기회를 제공한다는 측면에서 그 중요성이 크다. 과학기술 지식생산 및 활동의 주체는 국가 및 산

학연 혁신주체(Innovation Actor)들이며, 지식기반경제하에서 과학기술이 국가경쟁력의 원천이 됨에 따라 최근 OECD, UN, EU 등에서 과학기술혁신역량평가를 통해 이를 측정하고 있다. 과학기술혁신역량평가는 국가혁신체제의 기본 틀에 기초하여 과학기술에의 투입, 활동, 성과에 이르는 전주기적 활동을 포괄적으로 측정하는 것으로, 국가과학기술의 혁신역량이 구성요소 각각의 역량과 요소들간의 원활한 상호작용에 의해 결정된다는 시스템적인 관점에서 접근하고 있다(KISTEP, 2011).

미국, 유럽, 일본 등은 과학기술지표체계의 효과적인 구축 및 운영을 통해 과학기술혁신역량을 점진하고, 과학기술정책 및 전략 수립에 활용하고 있다. 우리나라도 과학기술 전 부문에 대한 역량을 진단할 수 있는 과학기술혁신역량지수(COSTII: COmposite Science and Technology Innovation Index)를 개발하여 2006년부터 측정해오고 있다. 현행 우리나라 과학기술혁신역량평가 모형은 자원 투입에서 최종 경제적 성과에 이르는 전 과정을 자원, 활동, 네트워크, 환경, 성과 등 5개 부문으로 구조화하고 있다. 과학기술혁신역량지표는 국가 과학기술혁신역량의 제반 현황과 변화를 나타내주는 간결하고 신뢰성있는 통계지표체계이다. 과학기술활동의 자원스톡, 투입, 과정, 기반, 성과까지의 전주기를 모두 포괄하며 과학기술혁신역량에 중요한 영향을 미치는 요소들을 효과적으로 파악할 수 있도록 설계하고 있다(KISTEP, 2011: 9). 환경지표(Environment Indicator)는 과학기술 관련 활동이 효과적으로 이루어질 수 있는 여건이 충분히 구축되어 있는가를 나타내는 지표로써, 환경은 지원제도와 문화, 물적 인프라로 구성되며 과학기술 활동을 활성화할 수 있는 장치들이 구비되고 정상적인 역할을 수행할 때 성과 창출이 가능하다. 활동지표(Activities Indicator)는 새로운 지식을 창출하고 활용하는 활동이 얼마나 활발하게 수행되고 있으며, 그 의지가 얼마나 높은가를 파악하는 지표이다. 활동부문의 지표는 각 경제주체의 활동수준을 물적 자원의 규모와 배분정도로 측정하는 것으로서 연구개발투자와 연구활동의 활성화 정도, 창출된 지식을 활용하는 창업활동을 지표화한 것이다. 네트워크 지표(Network Indicator)는 시스템 내에서 네트워크가 얼마나 활발하며, 이를 통한 지식흐름, 기술확산 등의 협력이 어느 정도 효과적으로 이루어지는가를 나타내는 지표이다. 네트워크부문의 지표로 국내의 주요 연구개발주체인 산·학·연 협력, 기업간 협력과 국제협력의 활성화 정도를 파악하는 것이다. 공동연구와 네트워크 형성에 의한 지식활동은 과학기술기반 역량을 강화하고 새로운 기술을 이용한 제품의 개발·생산·판매 과정을 용이하게 하여 투입요소를 구체적인 성과요소로 변형시키는데 중요하다. 자원 지표(Resources Indicator)는 과학기술활동을 하기 위한 기초 자원으로 과학기술 활동을 수행하는 주체로서의 ‘인적 자원’과 이러한 주체를 조합하고 과학기술혁신활동을 수행할 수 있는 ‘조직’의 역량, 그리고 축적된 과학기술 지식스톡의 현 수준을 나타내는 ‘지식자원’으로 구성된다. 성과지표(Performance Indicator)는 투입되는 자원과 주어진 환경, 활동 주체간의

네트워크를 통한 과학기술 활동으로 인해 구체적인 성과가 얼마나 나타나고 있는가를 나타내는 지표이다. 성과부문은 크게 지식창출과 경제적 성과로 나누어지며 개발된 기술의 상품화에 따른 가치의 증대와 함께 경제 전반의 수준향상까지를 포함하고 있다.

과학기술 지식의 생산 및 활동 분석에는 자본재, 중간재 등에 체화된 지식을 바탕으로 한 투입-산출 분석(Park and Kim, 1999: 545)과 논문, 특허 및 공동연구, 인용관계를 활용한 비체화 지식흐름 분석이 주로 사용된다. 과학기술 지식의 확산에 따른 혁신의 유발현상을 정량적으로 살펴보기 위하여 체화, 비체화 지식의 흐름 패턴 분석이 중요시 되고 있다. 이것은 논문 및 특허 정보는 과학기술 지식의 대용지표로서 유용한 정보를 제공하며(Ernst, 2003: 235), 특히 과학기술관련 논문과 특허의 공저자 및 인용정보는 인용-피인용 관계를 통한 기술연계, 기술 영향력, 신기술 활동 분석에 활용될 수 있기 때문이다.

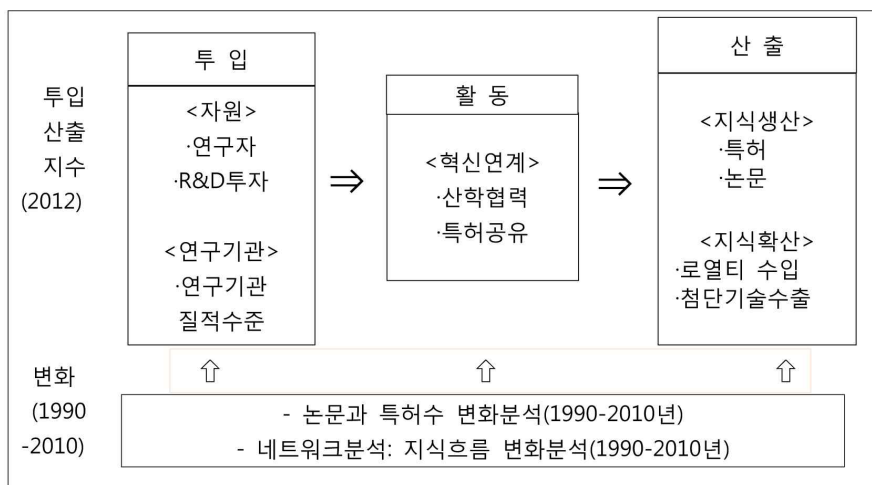
네트워크 분석은 개별적인 개체보다는 공저자 및 정보교환과 같은 시스템의 구성요소들 사이의 공유된 관계에 기초한 사회적 시스템의 구체적인 특성에 초점을 맞춘다. Wasserman & Faust(1994: 4)는 네트워크 분석에서 행위자들 간의 연계는 물질적·비물질적 자원의 이전이나 자원의 흐름을 위한 통로로 보았다. 그러므로 네트워크의 유형과 내용을 분석하면 어떤 자원이 이동하는지, 자원이동의 방향은 일방향인지 양방향인지 등을 알 수 있다(한인숙외, 2001: 124). 네트워크의 구성 요소는 노드와 링크이다. 특히 인적 네트워크에서의 각 노드는 개인, 집단 혹은 조직이 되며 링크는 지식의 흐름이 된다. 따라서 지식의 흐름을 정의하는 것은 네트워크의 특성을 결정짓는 것이다. 본 연구에서는 네트워크는 지식의 전달과 흡수의 관계로 보았으며 지식의 제공자는 관련된 지식을 제공하는 개인이나 조직이 될 것이며, 지식의 수혜자는 다른 개인이나 조직이 제시한 노하우나 정보를 습득하는 자가 될 것이다.

네트워크에서 각 노드 사이의 링크 존재 여부는 상호 작용의 수준으로 판단할 수 있다. 네트워크 분석은 주로 결속성, 중심성, 구조적 등위성 등의 분석이 이루어진다. 결속성을 나타내는 지표로는 포괄성(Inclusiveness), 연결정도(Degree)와 밀도(Density)가 있다. 포괄성은 한 그래프에 포함된 결점의 총수에서 연결되어 있지 않은 결점의 수를 빼 수의 비율로 정의된다. 연결정도는 한 개체(node)가 맺고 있는 개체의 숫자로 정의되며, 밀도는 가능한 총관계 수 중에서 실제로 맺어진 관계수의 비율로 나타낸다. 중심성(Centrality)은 중앙에 위치한 정도를 의미하며, Freeman(1979: 124)은 중심성을 지역 중심성(Local Centrality)과 전체 중심성(Global Centrality)으로 구분하고 있다. 한 개체가 그 주위의 다른 개체들과 직접 연결된 정도가 높을수록 그 개체의 지역중심성이 높아진다. 반면 한 개체가 네트워크 전체의 연계구조에서 전략적으로 중요한 자리를 차지할수록 전체 중심성이 높아진다(김용학, 2003: 33).

3. G20 국가의 과학기술 지식생산 및 활동구조 분석방법과 모형

본 연구에서는 G20국가의 과학기술 지식생산 및 활동구조 분석을 위하여 복합적인 지표를 사용하였다. 첫째는 1990년부터 2010년까지 지난 20년간 논문과 특허수 변화를 통해 지식생산활동에 있어서의 세계에서 G20국가들이 차지하는 비중변화를 분석하였고, 둘째는 과학기술발전을 위한 국가의 투입, 활동 및 산출지수를 활용한 지식생산 및 활용구조를 분석하였다. 따라서 G20국가들의 2012년 과학기술활동 투입산출지표분석을 위한 기본적인 구조와 지난 20년간 지형변화분석 모형은 <그림 2>와 같다.

<그림 2> 분석모형 및 주요변수



첫째, G20국가들의 특징분석을 위하여 투입 및 산출지표는 인시아드(INSEAD, INStitut Européen d'ADministration des Affaires)²⁾와 세계지적재산권기구(WIPO)³⁾의 글로벌 혁신지표(The Global Innovation Index, GII)를 사용하였다(<http://www.globalinnovationindex.org>). 이 지표는 세계 141개국의 지표들을 조사한 것으로, 투입지표와 산출지표로 구분하고 있으며, 하위 세부지표로 구성되어 있다. 투입요소는 자원과 연구기관으로 구분하여 자원은 인적자원으로서의 연구자 수와 R&D투자 규모를 대상으로 하였고, 연구기관은 연구기관의 질적 수준을 지표로 사용하였다. 활동요소는 혁신연계요소로 산학협력과 특허공유지표를 사용하였다. 산출요소는 지식생산과 확산요소로 구분하고, 지식생산요소로 논문수와 특허수를, 그리

2) 프랑스 퐁텐블로에 있는 경영대학원으로 비(非) 미국 MBA 가운데 최고의 명성을 자랑하는 명문 대학원이다.
 3) 세계지적재산권을 관장하는 UN전문기구

고 지식확산요소로 로열티수입과 첨단기술수출액을 중심으로 측정하였다.

둘째, 지난 20년간 논문 및 특허수 등 지식생산활동에 있어서 세계에서 G20국가들이 차지하는 지형변화분석을 위하여 논문수는 SCOPUS를 통해 검색하였고, 특허는 미국 특허청 (USPTO)에 등록된 특허를 연도별, 국가별로 검색하였다. 아울러 국가간의 연계관계를 분석하기 위하여 G20국가 연구자들간 공동연구를 대상으로 네트워크 분석을 하였다. 본 연구에서는 논문 공저자 자료를 토대로 도출된 G20 국가 간의 지식 흐름 행렬에 네트워크 분석방법을 사용하고자 한다. 이를 통해 국가간 과학기술 지식흐름의 연관관계를 시각화하여 국가간 지식흐름의 특징을 정량적으로 판단할 수 있을 것이다. 노드는 G20국가이며, 분석 모집단에 포함된 논문 공저자는 링크가 형성된 것으로 정의하고 링크는 지식의 흐름이라는 의미로 해석할 수 있다. 또한 지식흐름의 계량적 분석을 위하여 인용횟수를 링크의 비중으로 정의할 수 있다. 즉 어떠한 국가의 과학기술분야에서 생성된 지식 논문이 다른 국가로 전달되어 지식의 흐름이 이어진다.

III. G20 국가의 글로벌 혁신지수 분석

본 장에서는 글로벌 과학기술 지식의 생산과 활동 및 성과분석에 활용할 과학기술 투입 및 활동 그리고 산출지표들을 중심으로 한 지형변화분석하고자 한다. 특히 이러한 지형변화에 어느 정도 영향을 미치고 있는지를 글로벌 지표에서 이들 G20국가들이 차지하는 비중과 그 변화를 중심으로 살펴보고자 한다.

1. 투입지표 지수

R&D 투입지표는 연구자, 총 R&D 지출 및 연구기관 수준으로 구성되어 있다. 연구자⁴⁾는 인구 백만명당 연구자 수를 지수화해 표현한 것이며, 총 R&D 지출⁵⁾은 GDP 대비 총 R&D 지출 비율을 나타낸 것이다. 연구기관의 수준은 연구기관 질적 수준에 대한 인식조사⁶⁾ 결과를

4) 2008년 기준.

UNESCO Institute for Statistics, UIS online database; World Bank World Development Indicators database (2002-10)(<http://stats.uis.unesco.org>; <http://data.worldbank.org/>)

5) 2009년 기준

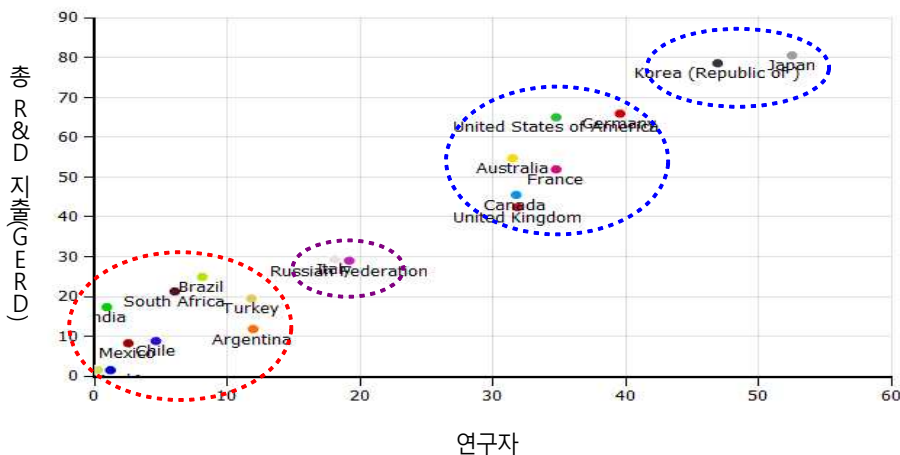
UNESCO Institute for Statistics, UIS online database; World Bank World Development Indicators database (2002.10)(<http://stats.uis.unesco.org>; <http://data.worldbank.org/>)

6) World Economic Forum, Executive Opinion Survey 2010-2011(<https://wefsurvey.org>).

토대로 이를 리커트 7점척도로 지수화한 것이다.

이러한 세 투입지표의 지수를 두 개씩 쌍으로 묶어 G20 국가들의 특징을 비교하였다. 우선 연구자와 총 R&D지출 지수를 비교하면 <그림 3>과 같다. G20 국가들의 경우 연구자 지수는 총 R&D 투자 지수와 비례하고 있는 것으로 나타났다. 연구자 지수는 일본이 가장 높게 나타났고, 한국이 두번째로 높게 나타났다. 다음으로 독일과 미국, 오스트레일리아와 프랑스, 캐나다와 영국이 비슷한 수준을 보이고 있는 것으로 나타났다. 총 R&D지출 지수는 일본과 한국이 가장 높고, 그 다음으로 미국과 독일이 비슷한 수준인 것으로 나타났다. G20국가들을 연구자와 R&D투자 지수로 유형화하면 한국, 일본, 독일, 미국이 상위국가군, 러시아, 이탈리아가 중위국가군, 멕시코, 아르헨티나, 브라질, 인도 등이 하위국가군을 이루고 있다.

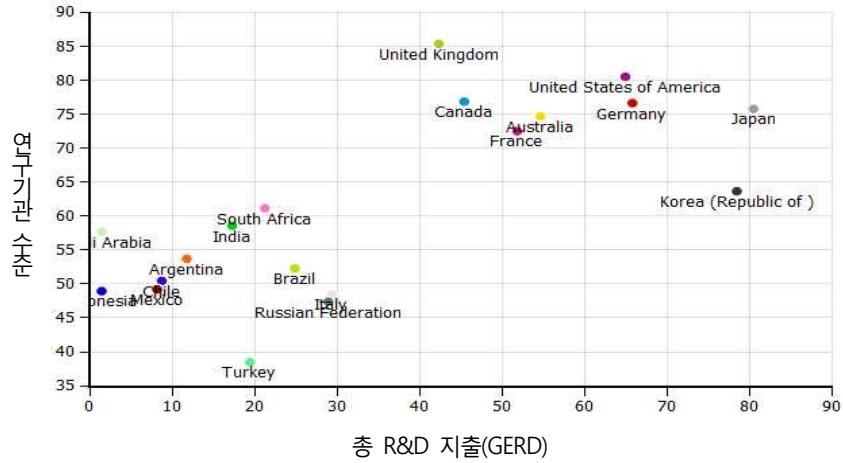
<그림 3> R&D 투입지수(Input Index)



G20 국가의 R&D 투입지표중 총R&D 지출과 연구기관 수준 지수를 비교해 보면 <그림 4>와 같다. 연구기관의 수준은 영국이 가장 높고, 미국, 캐나다, 독일, 일본 호주, 프랑스 등의 국가 등이 상위그룹이고, 한국, 인도, 남아프리카 등이 중위국가군, 그리고 브라질, 러시아, 멕시코 및 터키 등이 하위국가군이다.

총R&D지출과 연구기관의 수준을 대상으로 한 국가간 비교는 두 가지 다 높은 상위그룹과, 낮은 하위그룹으로 구분되어 나타나고 있다. 이탈리아를 제외한 G7 국가와 한국, 오스트레일리아가 포함되어 있는 상위국가군과 그 외 하위국가군으로 분포되어 있다.

<그림 4> R&D 투입지수: 총지출과 연구기관(Input Index)



2. 혁신연계

혁신연계 지표는 산학협력과 외국인 발명자와의 특허공유의 두 가지 지표로 구성되어 있다. 산학협력은 기업(산업)과 대학간 R&D에 있어 협력정도에 대한 설문조사⁷⁾ 결과를 바탕으로 한 7점 척도로 측정하였고, 외국인 투자자와의 특허 공유⁸⁾는 PCT 출원을 대상으로 적어도 한명 이상의 외국인 발명자를 포함하고 있는 경우로 제1출원인의 국적과 다른 국가의 발명인이 포함된 경우의 비율을 지수화 하였다.

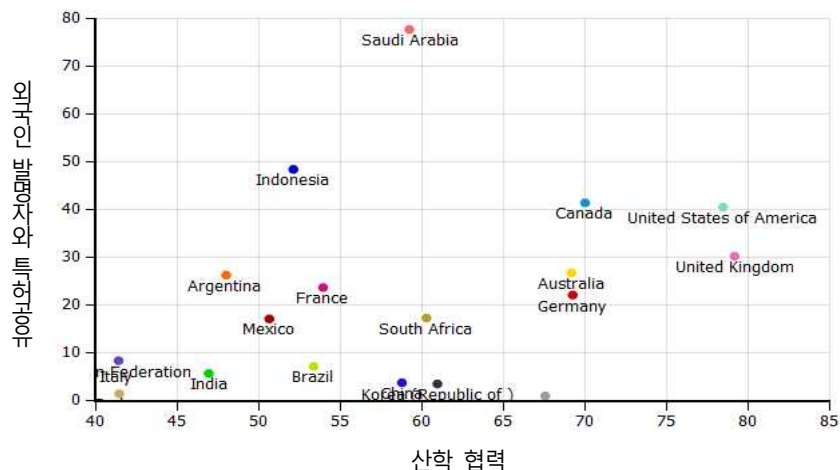
<그림 5>에서 보는 바와 같이 산학협력은 영국과 미국이 잘 이루어지고 있고, 다음으로 캐나다, 오스트레일리아, 독일 등의 협력이 잘 되고 있는 것으로 나타났다. 외국 발명자와의 특허공유 즉, 발명과정에 외국인의 참여 정도는 사우디아라비아가 가장 높은 것으로 나타났고 다음으로 인도네시아, 캐나다, 미국 등의 지수가 높게 나타났다. 한국, 중국, 특히 일본의 경우 산학협력은 G20 국가 중 낮은 편에 속하지 않지만 외국인 투자자와 특허 공유 지수는 매우 낮은 것으로 나타났다.

7) World Economic Forum, Executive Opinion Survey 2010-2011

8) World Intellectual Property Organization, WIPO Statistics Database (2001-11).

(<http://www.wipo.int/ipstats/>)

<그림 5> 혁신연계(Linkages index)



3. 혁신성과

혁신성과는 지식의 생산과 확산의 두 가지 측면의 요소로 구성되어 있다. 지식생산은 논문수와 특허출원으로, 지식확산은 첨단기술수출과 로열티 수입 지수로 비교하였다. 지식생산 차원에서 G20 국가의 특허출원과 논문을 대상으로 한 국가간 비교는 <그림 6>에서 보는 것과 같다. 특허출원⁹⁾은 각 국가별 특허청에 출원한 GDP 10억 달러당 특허수를 나타낸 것이며, 과학기술 관련 논문¹⁰⁾은 물리학, 생물학, 화학, 수학, 임상의학, 생물 의학, 엔지니어링 및 기술, 지구과학 분야의 논문수로 역시 국내총생산 10억달러당 논문수를 나타낸 것이다.

성과지표로 과학기술지식 생산으로서의 특허와 논문 지수는 캐나다와 호주 및 영국처럼 논문 지수, 즉 과학적 지식 성과가 높은 국가군과 한국, 독일, 일본 및 중국과 같은 특허 지수, 즉 기술적 지식의 생산성과가 많은 국가군, 그리고 미국과 프랑스와 같은 중간국가군으로 구분할 수 있다.

9) 2010년 기준. World Intellectual Property Organization, WIPO Statistics Database; World Bank and OECD GDP estimates, World Bank World Development Indicators database (2001).

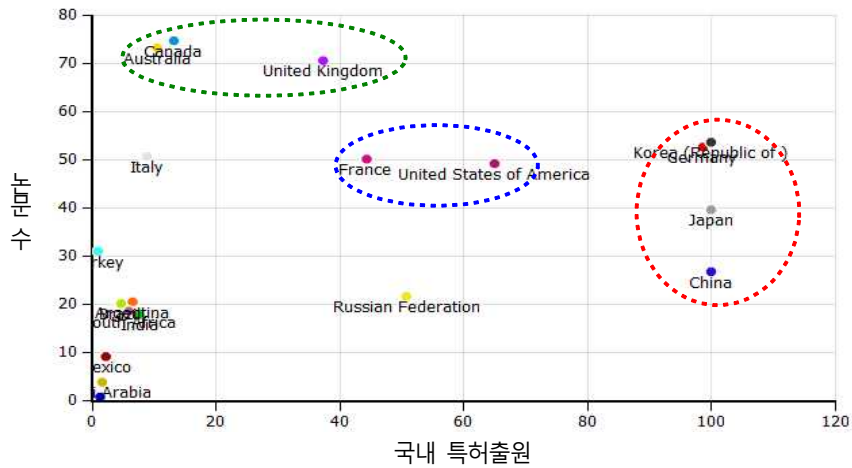
(<http://www.wipo.int/ipstats/>; <http://data.worldbank.org/>)

10) 2009년 기준

자료: National Science Foundation, National Center for Science and Engineering Statistics, and The Patent BoardTM, special tabulations (2011) from Thomson Reuters, SCI and SSCI; World Bank and OECD GDP estimates, World Bank World Development Indicators database.

(<http://www.nsf.gov/statistics/seind12/append/c5/at05-27.xls>; http://thomsonreuters.com/products_services/science/; <http://data.worldbank.org/>)

<그림 6> 과학기술지식 성과(Outputs index)



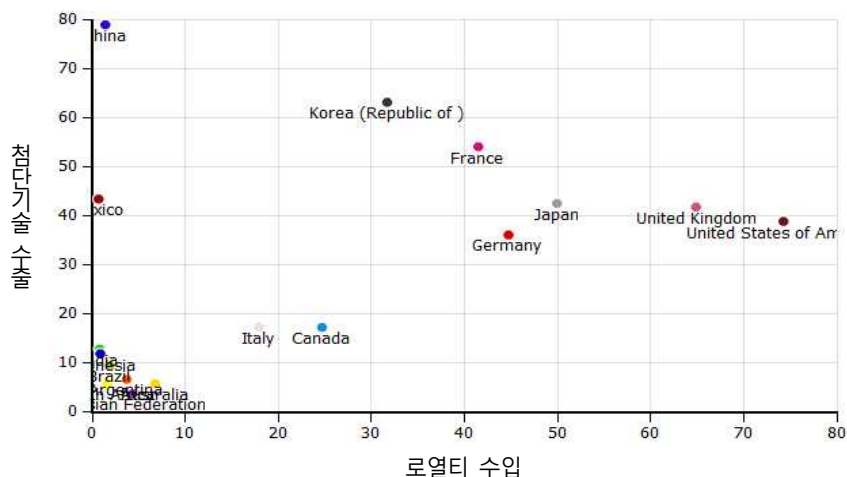
G20 국가의 지식 확산 차원을 로열티와 라이선스 형태와 첨단기술 수출 측면으로 국가별 분포도는 <그림 7>과 같다. 로열티와 라이선스를 통한 지식의 확산¹¹⁾은 재산권(특허권, 저작권, 상표, 산업 프로세스 및 프랜차이즈 등)의 사용과 라이선스 계약 등의 형태이며, 첨단기술 수출¹²⁾은 (첨단기술 수출-재수출)/(총 수출-재수출)로 계산된 지수이다.

로열티 수입을 대상으로 한 지식의 확산은 미국과 영국의 지수가 가장 높게 나타났고 다음으로 일본, 독일, 프랑스, 한국 순으로 나타났다. 첨단기술의 수출은 중국의 지수가 가장 높게 나타나고 있으며 다음으로 한국, 프랑스, 멕시코, 일본 영국 등으로 나타났다. G20국가 중 절반정도가 로열티와 라이선스 형태와 첨단기술 수출 측면 모두 낮은 것으로 나타났으며, 미국, 영국, 일본, 독일, 캐나다는 상대적으로 로열티와 라이선스 형태의 확산이 더 높은 것으로 나타났다. 반면 중국, 한국, 프랑스, 멕시코는 첨단기술 수출 관련 지수가 로열티와 라이선스 형태보다 상대적으로 더 높게 나타났다. 특히 중국의 경우 로열티와 라이선스 형태를 통한 지식의 확산 지수는 매우 낮는데 비해 첨단기술 수출 측면의 지수는 매우 높게 나타나 대조적인 모습이다. 그러나 G7국가와 한국을 제외한 대부분의 G20 국가들의 지식확산 지수는 낮아, 이들 국가의 과학기술 지식의 생산이 경제에 미치는 영향은 높지 않은 것으로 보이며, 다

11) 국민총생산(GDP) 1천달러당 로열티수입, 2010년 기준
 자료: International Monetary Fund; World Bank and OECD GDP estimates, World Bank World Development Indicators database (2003~10). (<http://data.worldbank.org/>)
 12) 총수출에 대한 첨단기술수출 비율. 2010년 기준
 자료: United Nations, COMTRADE database; Eurostat 'High-technology' aggregations based on SITC Rev. 4, April 2009 (2007~11). (<http://comtrade.un.org/>; http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/Annexes/htec_esms_an5.pdf)

소 시간이 걸릴 것으로 예상된다.

<그림 7> 지식의 확산(Knowledge Diffusion index)



IV. G20 국가의 과학기술지식생산 지형변화 분석

1. G20 국가의 과학적 성과와 기술적 성과 지형변화분석

1) 과학적 성과(논문)

과학기술지식인 논문의 생산정도와 추세를 파악하기 위해 SCOPUS 검색 DB를 이용하여, 연도별, 국가별 논문을 검색하였다. 기간은 1990년-2010년까지 5년 단위로 검색하여 그 변화를 분석하였다. G20국가는 EU 의장국을 제외한 19개국을 대상으로 하였다¹³⁾.

등록된 전체 논문수는 <표 1>에서 보는 바와 같이 1990년 330,359건에서 2010년 850,850건으로 157.6% 증가하였다. 이 중 G20 국가가 차지하고 있는 비중은 1990년 73%에서 2005년 75%, 2010년 77.9% 등으로 증가해 G20국가들의 비중이 지속적으로 증가하고 있는 것으로 나타났다. 논문증가를 역시 1990년 241,134건과 2010년 662,601건으로 174% 증가해 전체 증

13) 검색대상 분야는 Agricultural and Biological Sciences, Biochemistry Genetics and Molecular Biology, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Earth and Planetary Sciences, Energy, Engineering, Environmental Science, Immunology and Microbiology, Materials Science, Multidisciplinary, Neuroscience, Pharmacology Toxicology and Pharmaceutics, Physics and Astronomy 등 15개 분야를 중심으로 검색하였다.

가을 157%보다 높은 증가율을 보였다. 전체 지식생산에서 G7국가¹⁴⁾가 차지하고 있는 비중은 1995년 68%에서 2010년에는 58%로 감소하고 있어, G7국가들의 역할축소 부분을 G20의 신흥국들이 메우고 있는 것으로 나타났다. 따라서 과학지식 성과의 창출에 있어 G20국가가 차지하는 역할비중은 점차 증가하고 있는 반면, G7국가의 역할비중은 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다.

G20 국가의 연도별 과학지식의 생산은 2010년 기준으로 미국, 중국, 독일, 영국, 일본, 인도, 프랑스, 캐나다, 이탈리아, 한국 순으로 나타났다. 미국이 여전히 절대다수의 비중을 차지하고 있으나 그 비중은 낮아지고 있고, 최근들어 한국과 중국의 성장이 두드러지게 나타났다. 1990대비 2010년 논문수의 증가율을 보면 한국과 중국이 각각 2,722%와 2,456%로 가장 높게 나타났고 다음으로 터키가 1,973%, 인도네시아 1,234%, 브라질 988%, 멕시코 902%로 급격한 성장이 이루어지고 있는 모습을 볼 수 있다.

<표 1> 연도별 과학지식 생산(논문수)

구분	1990년	1995년	2000년	2005년	2010년
G20(건)	241,134	319,291	455,249	468,662	662,601
G7(건)	215,033	290,275	405,266	392,203	500,215
전체(건)	330,359	423,856	604,811	624,734	850,850
G20 비중(%)	73.0	75.3	75.3	75.0	77.9
G7 비중(전체)	65.1	68.5	67.0	62.8	58.8

G20 국가의 과학지식 중 개별 국가가 차지하고 있는 비중변화는 <표 2>와 같다. G20 국가 내에서 각 국가가 차지하고 있는 비중은 1990년-2000년까지 미국, 일본, 영국, 독일, 프랑스 순으로 많은 비중을 차지하고 있었으나, 2010년에는 미국, 중국, 독일, 영국, 일본 순으로 나타났다. 상위 2개국이 차지하는 비중을 보면 1990년-2005년까지 미국과 일본이 차지하는 비중은 53%에서 51%, 44%, 38%대로 감소하였으며, 2010년에는 미국과 중국 2개국의 비중이 41%로 증가하여 지형변화가 일어나고 있음을 알 수 있다.

14) G7국가는 미국, 영국, 독일, 프랑스, 이탈리아, 캐나다, 일본임.

<표 2> G20 국가 중 각 국가별 논문 수 비중(%)

구분	1990년	1995년	2000년	2005년	2010년	90-10 비중증감율
미국	42.2	39.7	33.2	29.0	26.7	-36.7
프랑스	5.8	6.4	6.5	6.1	5.5	-4.1
영국	9.5	9.7	9.1	8.2	7.2	-24.1
독일	7.4	8.4	8.9	8.5	7.7	3.2
일본	11.4	11.8	11.3	9.5	7.0	-38.0
이탈리아	4.1	4.5	4.5	4.7	4.3	6.2
캐나다	5.3	5.2	4.5	5.0	4.5	-15.6
한국	0.4	1.1	2.3	3.2	3.9	791.9
아르헨티나	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	62.8
오스트레일리아	2.3	2.5	2.8	3.0	3.2	38.9
브라질	0.7	0.9	1.6	2.0	2.3	244.0
중국	1.8	2.5	4.3	9.0	14.3	707.9
인도	3.3	2.7	3.4	4.2	5.7	70.1
인도네시아	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	321.6
멕시코	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9	216.7
러시아	4.2	2.4	4.6	3.7	3.3	-21.1
사우디아라비아	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	77.4
남아프리카	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	35.4
터키	0.2	0.4	0.7	1.5	1.6	555.3

2) 기술적 성과(특허)

G20 국가들의 기술적 성과 창출구조의 변화는 1990년부터 2010까지 미국 특허청 (USPTO)에 등록된 특허를 연도별, 국가별로 검색하였으며, 거시적인 차원에서 G20 국가의 역할 변화를 분석하였다. G20 국가는 EU 의장국을 제외한 19개국을 대상으로 하였다. <표 3>에서 보는 바와 같이 전체 특허 등록 수는 1990년 대비 2010년에 146% 증가한 것으로 나타났다. 전체 특허 중 G20이 차지하는 비중은 1990년 74%, 2010년 81%로 과학적 성과보다도 기술적 성과에서 G20 국가들의 비중이 매우 높은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. G20 국가들의 특허 등록수는 1990년 73,746건에서 2010년 199,033건으로 169% 증가해 전체 증가율 146%보다 높게 나타났다. G20의 특허 성과 중 G7이 차지하는 비중을 보면 최근 들어 점차 그 비중이 감소하고 있으나 90%이상을 차지하고 있으며 특히 1990년의 경우 99%로 나타나 거의 대부분이 G7 국가를 중심으로 성과가 나타나고 있음을 알 수 있다.

<표 3> 연도별 기술적 성과(특허 등록수)

구분	1990년	1995년	2000년	2005년	2010년
G20(건)	73,746	86,569	137,457	127,897	199,033
G7(건)	73,083	84,848	133,178	121,899	181,785
전체(건)	99,220	113,955	176,082	157,741	244,358
G20 비중(전체)	74.3	76.0	78.1	81.1	81.5
G7 비중(전체)	73.7	74.5	75.6	77.3	74.4
G7 비중(G20)	99.1	98.0	96.9	95.3	91.3

G20 국가의 기술지식 생산 정도를 보면 미국, 일본, 한국, 독일 순으로 높게 나타났다. 특허 등록수의 1990년 대비 2010년 증가율은 중국이 1990년 30건에서 2010년 2,350건으로 7,733%라는 매우 높은 증가율을 보였고, 한국이 213건에서 12,499건으로 증가해 5,768%의 높은 증가율을 나타냈다. G7 국가 중에서는 영국, 캐나다, 미국, 일본 순으로 높게 나타났고 상대적으로 독일과 이탈리아의 증가율이 낮게 나타났다. G20의 특허성과에 있어 각 국가가 차지하고 있는 비중은 <표 4>에서 보는 바와 같다. 미국이 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 미국을 제외하고 보면 2010년 기준으로 일본이 23%로 많고 다음으로 한국과 독일이 6%대, 다음으로 캐나다와 영국이 1%대로 나타나 특허에 있어서는 미국과 일본 2개국이 차지하는 비중이 약 78-84%로 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났으며, G7이 차지하는 비중은 90%대로 대부분 G7 국가 중심으로 특허 성과가 나타나고 있는 것을 볼 수 있다. 다만 G7의 비중이 1990년 99%, 1995년 98%, 2000년 96%, 2005년 95%, 2010년 91%로 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다. 각 국가별 1990년 대비 2010년 비중의 증감을 보면 중국 2,802%, 한국 2,074% 및 인도 1,394% 순으로 높게 나타났다.

<표 4> G20 국가 중 각 국가별 특허 수 비중(%)

구분	1990년	1995년	2000년	2005년	2010년	90-10 비중증감율
미국	55.53	58.79	58.57	56.92	54.97	-1.0
프랑스	3.42	2.90	2.69	2.13	2.25	-34.3
영국	0.79	0.83	1.88	1.56	1.44	83.3
독일	9.02	6.95	6.93	6.93	6.24	-30.8
일본	27.24	25.91	23.84	25.02	23.93	-12.1
이탈리아	1.59	1.10	1.09	0.89	0.83	-48.1
캐나다	1.51	1.53	1.88	1.86	1.68	11.0
한국	0.29	1.34	2.39	3.45	6.28	2074.2

아르헨티나	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	17.3
오스트레일리아	0.43	0.41	0.43	0.60	0.81	86.8
브라질	0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	71.4
중국	0.04	0.03	0.07	0.30	1.18	2802.4
인도	0.01	0.02	0.06	0.19	0.18	1394.4
인도네시아	-	0.00	0.00	0.01	0.00	-
멕시코	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	45.4
러시아	-	0.03	0.03	0.02	0.04	37.2
사우디아라비아	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	2234.3
남아프리카	0.06	0.06	0.04	0.03	0.04	-43.2
터키	-	0.00	0.00	0.00	0.01	400.2

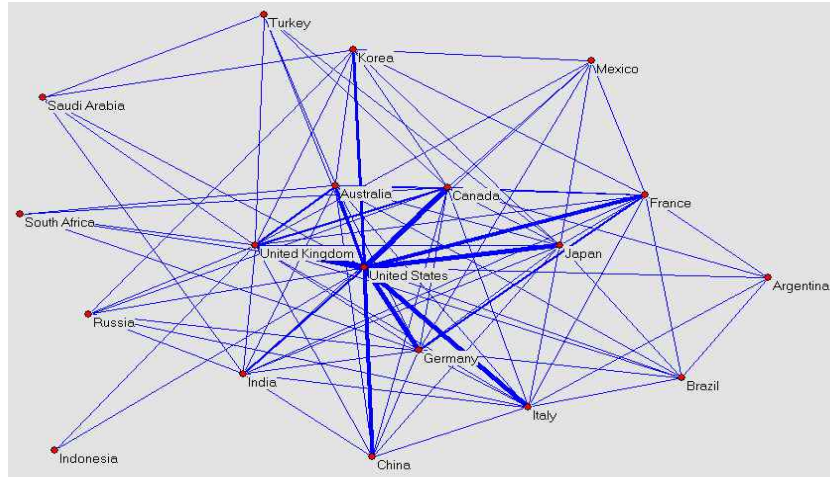
주: 러시아, 터키는 1995년대비 증가율

2. G20 국가간 지식흐름 네트워크 변화분석

지식 생산에 있어 G20 국가간 어느 정도 연계와 협력이 이루어졌는지를 파악하기 위해 공동연구 국가를 중심으로 네트워크 분석을 하였다. G20 국가의 지식생산량이 방대함에 따라 모든 분야에 대한 분석은 거의 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 1990년, 2000년, 2010년 엔지니어링 분야 논문을 대상으로 저자의 소속 국가 중 G20 국가만을 대상으로 Pajek 프로그램을 이용하여 네트워크 형태를 분석하고 넷마이너 프로그램을 이용하여 중심성 분석을 하였다.

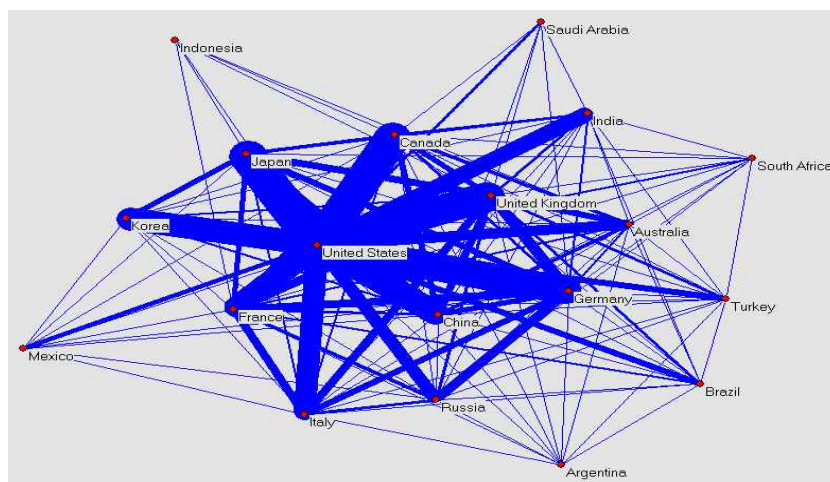
1990년 엔지니어링분야 과학지식(논문) 성과 창출에 있어 공동연구가 이루어진 국가 중 G20 국가만을 대상으로 네트워크 형태를 가시적으로 나타내면 <그림 8>과 같다. 국가별 (node) 연결은 함께 공동연구가 이루어진 것을 뜻하며 선의 굵기가 굵다는 것은 그 만큼 많은 연계 즉, 많은 공동연구가 이루어졌다는 것을 의미한다. 1990년의 경우 미국과 영국의 연구자간 공동연구가 가장 많이 이루어졌으며 다음으로 미국-캐나다, 미국-일본, 미국-독일, 미국-이탈리아간 연계가 많이 이루어진 것으로 나타났다. 주로 G7 국가간 협력이 이루어지고 있는 모습을 볼 수 있는데 연계정도가 높은 상위 20개 중 G7 국가간 협력이 차지하는 비중은 75%로 나타났다.

<그림 8> 과학지식생산 네트워크 형태(1990년)



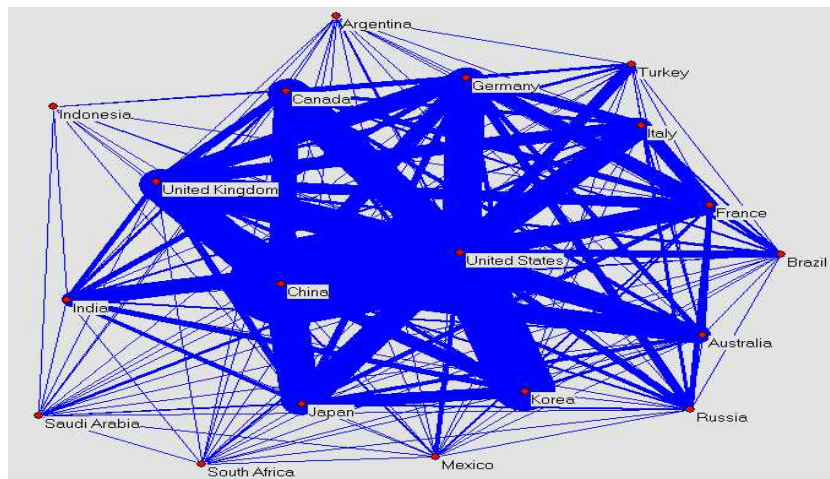
2000년 과학지식(논문) 형성 과정에 나타난 G20 국가간 연계 및 협력 형태를 보면 국가간 공동연구 형태가 다양하고 긴밀해진 모습을 볼 수 있다. 미국과 일본이 가장 많은 공동연구를 한 것으로 나타났으며, 다음으로 미국-캐나다, 미국-영국, 미국-독일, 미국-중국, 미국-한국인 것으로 나타났다. 2000년대의 경우 특징은 G7 중심의 공동연구에서 중국과 한국의 새로운 등장이 특징적이다. 미국을 제외하고 보면 독일과 영국, 중국과 일본, 프랑스와 영국, 독일과 러시아, 프랑스와 이탈리아, 프랑스와 독일간 많은 연계가 이루어진 것으로 나타났다. 공동연구 정도가 높은 상위 20개 중 G7국가간 협력이 차지하는 비중은 60%로 나타났다.

<그림 9> 과학지식생산 네트워크 형태(2000년)



2010년 과학지식(논문) 형성 과정에서의 G20 국가간 공동연구를 통한 네트워크 형태는 <그림 10>¹⁵⁾과 같다. 지식 형성에 있어 가장 많은 협력이 이루어진 국가는 미국과 중국으로 나타났으며 다음으로 미국-한국, 영국-중국, 미국-캐나다, 일본-중국, 미국-독일, 미국-영국 순으로 높게 나타났다.

<그림 10> 과학지식생산 네트워크 형태(2010년)



따라서 지금까지 미국과 G7 국가 중심으로 이루어지던 협력관계에서 미국과 중국, 한국의 협력정도가 급격하게 높아지고 있는 것이 특징적인 변화이다. 일본의 경우 이전시기에는 미국 등 많은 협력형태를 보였으나 2010년 들어 전체 협력에서 차지하는 위치가 낮아지고 있으며, 2000년 미국과 가장 많은 협력빈도를 보였으나 2010년에는 중국과 더 많이 연계하는 모습을 보이고 있다. 협력정도가 높은 상위 20개 중 G7 국가간 협력이 차지하는 비중은 45%로 네트워크 상에서 G7국가간 협력비중이 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다.

과학지식(논문) 형성 과정에서의 공동연구 네트워크에 나타난 G20 국가의 중심성은 <표 5>와 같다. 1990년의 경우 Eigenvector 중심성과 연결중심성 지수 모두 미국이 가장 높고, 다음으로 영국, 캐나다 순으로 나타났다. 2000년의 경우 Eigenvector 중심성 지수는 미국, 영국, 일본, 독일, 캐나다 순으로 높고 연결중심성 지수는 미국, 캐나다, 영국이 모두 높고 다음으로 중국, 프랑스, 독일 순으로 높게 나타났다. 2010년은 연결중심성은 대부분 높게 나타나고 있으며 Eigenvector 중심성 지수는 미국이 가장 높고 다음으로 중국, 영국, 한국, 일본, 독일, 캐나다 순으로 높게 나타났다.

15) 공동연구가 많이 이루어지는 상위국가간 공동연구 빈도가 매우 높아 시각화하는데 어려움이 있어 연결 정도를 50%로 조정하여 나타냈음. 따라서 실제 국가간 연결강도는 더 높음(선의 굵기가 더 굵음).

<표 5> 과학지식생산 네트워크 중심성 지수

구분	1990년		2000년		2010년	
	eigenvector	degree	eigenvector	degree	eigenvector	degree
미국	0.626	1	0.618	1	0.581	1
영국	0.379	0.944	0.327	1	0.29	1
독일	0.285	0.722	0.298	0.944	0.233	1
일본	0.261	0.722	0.311	0.889	0.24	1
프랑스	0.232	0.667	0.248	0.944	0.179	1
이탈리아	0.243	0.667	0.195	0.833	0.155	0.944
캐나다	0.319	0.833	0.268	1	0.22	1
중국	0.197	0.444	0.247	0.944	0.507	1
한국	0.112	0.5	0.185	0.722	0.245	1
오스트레일리아	0.18	0.722	0.126	0.889	0.155	1
인도	0.1	0.611	0.128	0.833	0.1	1
러시아	0.041	0.389	0.134	0.889	0.061	0.944
브라질	0.046	0.444	0.06	0.722	0.05	0.944
아르헨티나	0.031	0.278	0.012	0.611	0.014	0.944
터키	0.025	0.333	0.055	0.833	0.053	1
멕시코	0.019	0.389	0.036	0.556	0.027	0.944
사우디아라비아	0.02	0.278	0.019	0.333	0.02	1
남아프리카	0.011	0.278	0.021	0.611	0.016	0.944
인도네시아	0.011	0.111	0.004	0.333	0.004	0.667

V. G20국가와 글로벌 과학기술혁신 지형 변화 시사점

본 연구를 통하여 G20국가중심의 글로벌 과학기술혁신 활동의 지형변화가 가시화되고 있음을 확인하였다. 지식기반 네트워크 사회에서는 글로벌 과학기술 지식의 생산과 흐름이 세계경제 흐름에 중요한 영향을 미치고 있어 향후 글로벌 과학기술혁신체제의 변화방향에 대한 관심이 높다. 이러한 연구문제에 대해 본 연구에서는 두 가지 방향으로 접근하였다. 하나는 2012년 현재 투입, 활동 및 산출의 과학기술혁신지표들을 중심으로 한 G20 국가들의 특징과 현황분석이 이루어졌으며, 다른 하나는 과학 및 기술적 성과의 변화와 네트워크 변화를 중심으로 한 지형변화분석이 이루어졌다.

최근까지 글로벌 과학기술혁신 활동은 주로 북미, 유럽, 일본 등의 선진국 중심으로 수행되어 왔으나, 앞에서 살펴본 바와 같이 투입, 과정 및 산출지표를 지수화한 G20국가들의 국

기간 특징비교도 흥미로운 결과가 나타났다. G20 국가의 R&D 투입은 연구자와 총 R&D 지출 지수는 비례하고 있었다. 연구자와 R&D 지출은 일본과 한국이, 연구기관의 질적 수준 지수는 영국과 미국이 높게 나타났다. 이처럼 세가지 투입 요소 중 G20국가들의 투입지수가 증가하고 있으나 아직 연구기관의 질적 수준은 높지 않은 것으로 해석할 수 있다.

혁신연계 요소로 산학협력 및 외국인발명가와 특허공유지수는 국가간의 편차가 매우 큰 것으로 나타났다. 산학협력지수는 영국, 미국, 캐나다, 호주 및 독일 등 선도 국가외에는 활발하지 않고, 외국인발명가와 특허공유지수는 사우디아라비아를 제외하면 대부분 중간이하의 수준인 것으로 나타나 외국인발명가와와의 협력은 활발하지 않은 것으로 보인다. 이처럼 최근 혁신주체들간의 협력과 국제교류가 일어나고 있으나 실질적인 협력은 아직 잘 이루어지지 않는 것으로 보인다. 국내 혁신주체들간의 협력보다 국제협력수준은 더욱이 낮고, 선진국들의 경우도 예외는 아니라는 것이다.

혁신성과 요소는 과학기술지식의 생산으로 논문과 특허수 지수를 통해본 G20 국가들의 특징은 영국, 캐나다, 호주 등 기초연구 중심 국가와 한국, 독일, 일본 및 중국 등 기술지식생산 지수가 높은 국가, 그리고 프랑스와 미국 등과 같은 중간수준의 국가군으로 구분되고, 명확한 국가간 특징이 나타나고 있다. 지식의 확산지수는 G7국가와 한국을 제외하면 대부분의 G20국가들은 매우 낮은 수준으로 이들 국가들의 과학기술지식의 생산이 국가경제에의 영향으로의 확산까지는 시간이 더 걸릴 것으로 보인다.

그동안 선진국들의 혁신성과는 기술, 산업 구조 및 지원 제도가 공동으로 진화한 결과라고 볼 수 있다. 지난 수십 년 동안 혁신은 주로 민간 기업들을 통해 높은 수익을 창출했으며, 과학기술의 국가경제에 미치는 영향과 국제 기술경쟁이 심화됨에 따라 국가적인 R&D투자의 증가와 공공 부문의 역할이 더욱 증대하는 계기가 되었다. 지금까지 글로벌 과학기술 투자 및 성과에 있어 미국, 유럽, 일본 등 선진국들이 여전히 가장 높지만 점진적으로 G20 국가들을 중심으로 한 글로벌 혁신의 지평이 변하고 있다는 징후가 나타나고 있다. 새로이 부상하는 기술국가들 중에서도 한국, 중국, 브라질 등 신흥국들의 역할이 증대된 것으로 나타났다. 한국은 특히 미국 특허국(USPTO: United States Patent and Trademark Office)에 등록된 한국특허 비중이 1990년대 0.17%에서 2008년에는 6.3%로 4배 이상 급격히 증가했는데, 이는 영국보다 높은 수준이다. 더욱이 미국내 외국인이 출원한 특허 비중이 1992년에 10.6%에 달했다가 현재 4.6%선으로 축소된 현실을 감안할 때 한국은 급격한 기술 추격의 사례국가가 되고 있다.

G20국가간 과학기술 국제협력은 지속적으로 증가하고 있으며, 단독연구보다는 국가간 연구의 비중이 지속적으로 증가하고 있는 모습을 볼 수 있다. 즉, G20 국가의 지식생산의 흐름을 보면 과학기술지식 생산에서 G20국가가 차지하는 비중이 지속적으로 증가하고 있다.

그러나 2010년 과학기술지식의 G20 국가의 비중은 과학지식 77.9%, 기술지식 81%로 과학적 성과보다 기술적 성과에서 G20의 비중이 더 높게 나타났으나 이 중 G7 국가가 차지하는 비중이 높아, 아직은 기술적 성과에 있어 G7국가이외의 G20국가들의 역할 비중은 높지 않은 것으로 나타났다. 대신 최근들어 과학적, 기술적 성과 모두에서 중국과 한국의 급격한 성장이 두드러지게 나타났다. 그리고 G20 국가간 공동연구를 통한 연계 형태가 점차 다각화 되고, 연결정도가 높아지고 있다. 특히 1990년에는 G7 국가 중심으로 이루어지다 2010년에는 중국, 한국 등 신흥국가의 등장과 G7국가들과의 연계가 증가된 것이 특징이다. 이같이 신흥 경제 국가들에 있어서의 특허 출원 활동이 증가함에 따라 특허권 소유 패턴이 앞으로는 더욱 다각화될 전망이다.

G20 국가들을 중심으로 한 과학기술지식생산 및 활동 구조의 지형변화는 앞장에서 본 바와 같이 1990년-2010년까지 과학적 성과와 기술적 성과에서의 변화와 네트워크 분석을 통한 지식흐름에서의 변화 두 가지로 이루어졌다. 특히 2008년 금융위기 이후 더욱 빠르게 글로벌 경제질서가 바뀌고 있으며, 지식기반사회에서의 국가간 지식 및 인력의 유동성 증가로 인한 급격한 지형변화가 일어나고 있다. 그동안 북미, 유럽, 일본 등의 G7국가 중심의 글로벌 과학 기술지식 흐름의 비중이 줄어들고 중국, 인도, 브라질 등 거대국가들의 등장과 한국, 북유럽 등의 강소국의 역할증대 등 그 중심이 이동하고 있는 것으로 나타났다. 그 중심에는 특히 G20 국가들의 역할과 비중이 증가하고 있어 이러한 글로벌 지식흐름의 변화가 곧 글로벌 경제흐름에 반영되어 나타날 것으로 보인다.

1990년에서 2010년까지 20년간 글로벌 과학기술혁신 지형변화에 G20 국가들의 역할증대는 과학적 지식의 생산보다 기술적 지식생산에서 차지하는 비중의 변화가 높았다. 그러나 그 중 G7국가들이 차지하는 비중은 오히려 과학적 지식 생산의 비중이 기술적 지식 생산의 비중감소보다 낮기 때문에 G7국가들을 제외한 나머지 G20국가들은 기술적 지식보다 과학적 지식의 생산에서의 역할확대가 더 큰 것으로 보인다. 이러한 현상은 향후 G20국가들이 지속적으로 기술지식 생산과 글로벌 경제에의 영향이 확산될 것으로 예상된다.

국가간의 과학기술지식 생산과정에서의 협력 네트워크 역시 1990년대 G7국가중심에서 2000년대 들면서 G7이외 국가들로 확산되고 있으며, G20 국가들의 역할 비중이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 과학지식(논문) 형성 과정에서의 공동연구 네트워크에 나타난 G20 국가의 중심성은 지난 20년간 Eigenvector 중심성과 연결중심성 지수 모두 미국이 가장 높았으나 중심성 지수가 1990년의 경우 영국, 캐나다 순임에 비해 2010년은 중국, 영국, 한국, 일본, 독일, 캐나다 순으로 지형변화의 징후가 나타나고 있는 것으로 보인다.

VI. 결론

지금까지 G20 정상회의는 거시경제정책 공조, 금융규제 개혁 등을 의제로 다루는 등 기존 금융기반 성장모형의 개선방안을 논의하고 있다. 그러나 학계 등에서는 G20 정상회의가 근본적인 의미의 지속가능 성장 등 보다 중장기적인 글로벌 이슈를 다루어야 할 필요성을 제기하고 있다. 즉 과학기술과 지식의 창출과 활용에 기반한 보다 실질적 의미의 지속가능 성장에 대한 관심이 높아지고 있다.

더욱이 우리나라는 2010년 G20정상회의 개최로 의장국으로서 글로벌 혁신체제에서의 G20의 역할과 글로벌 경제의 주도 가능성에 많은 관심을 가지고 있다. 본 연구는 G20 국가들의 지식 흐름과 한국의 위치, 세계의 과학기술 지식흐름의 큰 변화의 움직임을 파악하였다. 아울러 본 연구는 글로벌 금융위기와 세계경제질서 재편의 소용돌이 속에서 G20의 역할과 가능성에 관한 기존연구가 존재하지 않는 시론적인 기반연구로서의 의의를 갖는다.

지식기반사회에서는 국가경제에서 지식의 역할과 그 중요성이 증대되고 있으며, 국가와 혁신주체들간의 유동성 증가로 글로벌 혁신체제에 대한 관심이 높다. 더욱이 빠른 과학기술의 혁신속도와 유동성 증가로 인해 글로벌 혁신체제의 지형변화도 빠르게 일어나고 있다. 특히 과학기술지식흐름의 변화로 인한 글로벌혁신체제의 변화는 곧 미래 글로벌 경제에 반영되어 나타날 것이라는 전제를 하고 있어 선행지표로서의 성격을 갖는다. 글로벌 경제질서의 재편과정에 신흥국이 대거 포진된 G20 국가의 역할과 중요성이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상들로 세계의 관심은 향후 글로벌혁신체제가 어떻게 변화될 것인지에 대한 관심이 높다. 그러나 이러한 관심을 반영하는 연구는 그동안 충분히 이루어지지 않았다는 점에서 본 연구의 의미를 찾을 수 있다. 국가간 과학기술지식 네트워크에 관한 지금까지의 연구는 대부분 유럽이나 미국 등에서 그리고 개별국가 단위에서 연구되어왔으나, 글로벌 과학기술지식 네트워크의 종합적인 구조에 대한 연구는 많지 않았다.

특히 본 연구를 통해 확인한 현재 투입, 활동 및 산출의 과학기술혁신지표에 나타난 G20 국가들의 특징과 현황분석결과와 과학기술적 성과와 네트워크 변화를 중심으로 한 지형변화에 적극적으로 대응해야하며, 변화된 환경에 주도적인 변화를 이끌 수 있도록 정책적인 노력이 필요하다. 아직은 대부분의 G20국가들의 경우 지식 확산지수는 낮은 수준으로 국가경제에의 영향으로의 확산되기까지는 시간이 더 걸릴 것으로 보이나, 향후 그 확산속도는 가속화될 것이다. 따라서 지금까지 미국 및 유럽중심의 과학기술 협력에서 다각화하여 G20 국가들간의 공동연구 및 과학기술생산 및 지식활동에 참여방안을 적극적으로 고려할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- 김용학. (2003). 「사회연결망분석」. 박영사.
- 이공래. (1996). 국가혁신체제 연구의 현황과 과제. 「과학기술정책동향」. 91(10): 36-45.
- 한인숙외1. (2001). 네트워크 이론에서 본 지역사회복지. 「한국행정학회 추계학술대회논문집」: 119-141.
- KISTEP. (2007): 「과학기술분야 논문관련 지표분석」.
- Edquist C. (1997). Systems of innovation Approach: Their Emergence and Characteristics. in Charles Edquist(ed). *Systems of Innovation Technologies, Institutions and Organizations*. Cassell Academic.
- Ernst H. (2003). Patent Information For Strategic Technology Management. *World Patent Information*. 25: 233-242.
- Etzkowitz H. and Leydesdorff L. (2000). The Dynamics of Innovation: From National Systems and 'Mode 2' to a Triple Helix of University- Industry-Government Relations. *Research Policy*. 29(2): 109 -123.
- Freeman C. and Soete L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*. The MIT Press.
- Freeman C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance, Lesson from Japan*. Francoes Pinter.
- Freeman C (1982). *The Economics of Industrial Organization*. MIT Press.
- Freeman L. C. (1979). Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification. *Social Networks*. 1: 215-239.
- Lundvall B. A (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers.
- Metcalf S. (2001). Technology and Economic Development: a Comparative Perspective. CRIC Working Paper. 10.
- Nelson R. and Winter S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press.
- Nelson R. and Rosenberg N. (1993). *Technical Innovation and National System*.
- Nelson R(eds). (1994). *National Innovation System: A Comparative Analysis*. Oxford University Press.
- NSF. (2006). *S&E Indicators*.
- OECD. (2003). *Compendium of Patent Statistics*.
- OECD. (1997). *National Innovation System*.
- Park Y. and Kim M. (1999). A Taxonomy of Industries Based on Knowledge Flow Structure. *Technology Analysis & Strategic Management*. 11(4): 541-549.
- Scherer F. M. (1981). Using Linked Patent And R&D Data To Measure Inter-Industry Technology Flows.

- In Grilliches, Z. (eds.). *R&D Patents and Productivity*. University of Chicago Press for NBER.
- Tidd et al. (1997). *Managing Innovation: Integrating Technological Market and Organizational Change*. John Wiley & Sons.
- Wasserman, S. & Faust, K (1994). *Social Network Analysis: Methods And Applications*. Cambridge University Press.

<http://www.wipo.int/ipstats>

<http://data.worldbank.org>

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

<http://www.nsf.gov/statistics>

<http://thomsonreuters.com>

<http://data.worldbank.org>

<논문접수일: 2012.12.24. / 심사개시일: 2013.01.18. / 심사완료일: 2013.02.12.>

A Study on the Changing Landscape of Global Science and Technology Knowledge Networks in the G20 Nations

Hong, Heung Deug

This study examines changes in the landscape of global science and technology (S&T) knowledge networks and their characteristics through focusing on the G20 nations. Using a range of articles and patents from the past 20 years, the changing emphasis given to knowledge production in the G20 nations is analyzed on the basis of R&D investment, activity and output indices and application structure. The findings suggest that a new landscape of activity regarding global S&T innovation is being formed. In particular, after the 2008 financial crisis, the global economic order has altered and knowledge based society has changed rapidly due to both increased knowledge and labor mobility. Currently, the importance of global S&T knowledge flows in G7 nations appears to be decreasing due to the increasing role of newly industrialized countries such as China, India, and Brazil, along with small but strong countries including Korea and states in northern Europe. It is suggested that these changes in the flow of global knowledge will be reflected in future global economic flows.

[Key Words: G20, Global S&T knowledge, Research and development]