

실증연구를 통한 국제 교역위상과 기술특성 상관관계 연구

정현상* · 강종석** · 강현무*** · 정운상****

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

글로벌화(Globalization)는 무역자유화 추세와 더불어 세계경제를 규정하는 핵심적인 주제이었다. 무역자유화로 국경을 초월한 상품과 서비스, 노동력, 자본의 자유로운 이동이 현실화되면서 많은 개발국은 절대빈곤에서 벗어나고 있다. 또한 각국의 새로운 일자리 창출, 시장 확대와 비즈니스 혁신, 그리고 소비자 후생의 획기적인 증가 등이 가능해졌다. 그러나 2008년 미국에서 시작된 금융위기로 인해 세계경제는 산업성장 둔화, 저소비 및 고실업, 디플레이션 등 경기침체가 가속화되었다. 무역패턴 또한 국제금융위기 이후 세계무역의 위축, 세계적인 산업·기업 구조조정, 환율의 급변동, 각국의 성장잠재력의 변화 등에 대응하여 자국의 산업을 보호하기 위해 보호무역주의를 수행하는 사례들이 점차 증가하고 있다. 또한 글로벌화로 인해 기술의 확산속도가 빨라지고 융·복합화가 급속히 진행 중인 반면, 기술의 수명은 짧아지고 제품 출시에 대한 글로벌 경쟁이 심화되는 등 어려움이 한층 증가하고 있다. 특히, 세계무역을 주도하였던 미국의 영향력이 퇴조하고 중국이 부상하는 등 세계 무역구조가 재편되고 기술의 확산속도가 빨라짐에 따라 대외무역의 안정성과 지속성을 위한 무역구조의 전환이 필요한 시점이다.

세계 경제구조의 변화에 대응하고, 기술의 확산속도의 가속화에 따른 대외무역의 안정성 및 지속성을 확보하기 위해 무역구조의 변화에 대한 분석과 부품소재산업의 수출입원인 분석을 통하여 우리나라의 부품소재산업의 수출전략을 모색하는 연구가 필요하다. 그러나 현재까지 이에 대한 연구가 매우 부족한 실정이다.

2. 연구의 방법

본 연구에서는 우리나라 부품소재산업의 무역현황의 변화를 파악하고 기술 확산이 무역패턴에 미치는 영향에 초점을 맞추어 실증분석하였다. 특히, 과거 무역적자가 심했던 부품소재산업을 중심으로 심층분석하였다.

본 연구의 구성으로 본문에서 이론적배경으로 기술확산과 무역 연계성, 국제협력강화와 무역 연계성을 고찰하였으며, 연구를 수행하기 위해 연구모형과 추정방법을 제시하였다. 실증분석은 기술 확산 및 기술수준 계측, 국제협력 네트워크 진화분석으로 수행하였으며, 결론에 연구의 요약 및 향후 연구의 방향을 제시하였다.

* 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 051-831-0761, hschung@kisti.re.kr

** 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 02-3299-6048, kangjs@kisti.re.kr

*** 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 051-831-0760, kang1@kisti.re.kr

**** 법무법인 율촌 관세사, 02-528-5653, usjung@yulchon.com

II. 본 문

1. 이론적 배경

1) 기술혁신과 무역 연계성

(1) 기술과 무역에 관한 연구

기술의 변화가 경제발전에 중요한 영향을 미친다는 사실은 오래전부터 인식되어왔다. 기술진화에 대한 논의가 활발하게 진행되는 동안 ‘기술진화(Technical Progress)’에 대한 용어도 여러 가지 의미로 해석되었으며, 이를 정리해보면 크게 두 가지로 정리할 수 있다(Harles Kennedy & A. p. Thirwall, 1999²⁾). 첫째 기술진화를 기술의 변화가 초래하는 영향(Effects of Change In Technology), 구체적으로 표현해서 경제성장 과정에서 기술 진화의 역할을 의미하는 것으로 보인다. 둘째, 진화를 기술 그 자체의 변화(Change In Technology Itself)를 의미하는 것으로 생각하는 것이다. 여기에서 기술진화는 발명이나 연구개발과 같은 생산에 관련된 지식을 창출해내는 활동과 생산 공정에서 새로운 지식이 흡수되는 경로를 주로 분석한다. 이러한 두 가지 의미에서 기술진화를 국제무역에 적용해 볼 때 이들은 무역패턴의 결정을 다르게 설명한다. 첫 번째 의미에서 기술진화는 상이한 국가에서 존재하는 상품의 상대가격의 차이, 즉 상대적 생산비용의 차이에 의해 무역이 이루어진다는 것이다. 반면에 두 번째 의미의 기술진화에서는 무역패턴이 기본적으로 기술혁신 즉, 한 나라의 기술혁신가에 의하여 다른 나라의 소비자에게 일시적으로 판매할 수 있는 신제품에 대한 전유권에 의해 결정된다.

개발된 기술이 시장에서 보급되는 현상은 기술확산(technology diffusion), 기술이전(technology transfer), 기술채택(technology adoption) 등 다양한 개념들이 사용되고 있다. 이들 개념들은 각자 의미하는 바가 조금씩 다르긴 하지만 명확한 구분보다는 유사한 개념으로 혼동하여 사용하는 경우가 더 많다.

Hall & Khan(2003)은 여러 문헌연구를 통해 다양한 기술에 대해, “어떤 요소들이 기술의 확산에 영향을 미치는가?”, “S-curve가 점근선에 도달하게 되는 시점은 언제인가?”에 관한 것을 수요, 공급, 환경·제도의 세 관점으로 나누어 살펴보았다. 그들은 수요관점의 요인으로는 비용/편익, 기술수준과 기술역량, 기술투자 가능여부, 안정적 고객, 고객과의 관계, 네트워크 효과 등을 제시하고 있다. 또한 공급 관점의 요인으로는 신기술의 성능향상, 구기술의 성능향상, 상보적 투입물을 들고 있으며, 환경·제도 관점의 요인으로는 시장점유율, 기업의 크기, 시장구조, 정부의 규율과 규제를 들고 있다. 이처럼 수요자, 공급자, 정책결정자로 나누어 서로 다른 신기술의 확산요인을 제시하는 것은 Reddy & Painuly(2004)의 실증연구의 결과와도 일치한다³⁾.

(2) 국제무역에서의 기술요소

① Heckscher-Ohlin의 요소부존이론

국제경쟁력의 결정요인에 관한 전통적인 연구는 생산비의 절대적인 차이를 다루는 Adam Smith의 절대우위이론에서부터 시작된다. 그 이후 Ricardo는 노동가치설에 입각하여 노동을 유일한 생산요소로 보고 노동 생산성의 상대적 차이로 인한 상대적 비용차이에 의해 국제 무역이 이루어진다는 비교우위이론을 주장하였다. 그러나 Ricardo는 무엇이 국가 간 노동생산성의 상대적 차이를 야기하는가와 같은 근본적인 문제에 대해서는 언급을 하지 않았다. 이에 비해서 Heckscher-Ohlin의 요소부존이론은 생산요소의 질과 생산함수가 국가 간에 동일하다는 가정 하에서 상대적 비용의 국가별차이가

1) A. Khaled, Hussein & A.P. Thirlwall, 1999. “Explaining Differences in the “Technical Progress: A Survey,” Economic Journal, Royal Economic Society, vol 109(459), pages F715-25, November.

2) Reddy, S. and Painuly, J. P.(2004), “Diffusion of renewable energy technologies: barriers and stakeholders' perspectives”, Renewable Energy 29, pp. 1431-1447.

생산요소의 부존 차이에 기인한다는 주장이다. 이 이론에 따르면 상품에 따라서 생산요소의 집약도가 다르며 국가 간에 따라 생산요소의 부존비가 다르기 때문에 각국은 자국이 상대적으로 풍부하게 보유하고 있는 생산요소가 집약적으로 투입되는 상품을 수출하고 상대적으로 희소한 생산요소가 집약적으로 투입되는 상품을 수입한다는 것이다.

Heckscher-Ohlin의 요소부존이론에 대한 경험적 연구가 Leontief에 의해 미국의 무역패턴을 대상으로 시도되었는데 그 결과 미국의 수출보다 수입이 더 자본집약적이라는 소위 Leontief역설을 발견했다. Leontief의 이러한 발견이래로 이를 설명하고 비교우위의 원천을 이해하려는 수많은 이론적 연구가 제시되었는데 그 중 하나가 기술요소로 무역패턴을 설명하려는 것이다. 기술의 장기적인 안정성을 유지할 경우에는 생산요소비율로써 비교우위를 설명할 수 있다. 그러나 각각의 산업에 부존되어 있는 생산요소에 비해 알맞은 기술개발에 주력한다면 생산요소의 부존비만으로는 국제경쟁력을 설명하기가 매우 어려워진다. 즉 국가간의 기술수준이 다르고 기술이 계속적으로 변화하고 있을 때에는 기술요소가 국제경쟁력을 결정짓는 중요한 요인으로 작용한다.

Leontief 역설이래로 미국의 무역패턴을 설명하기 위해 기술격차모델(Technology gap model)과 제품수명주기모델(product cycle model) 즉 신기술 모델(Neo-Technology model)이 등장하게 되었다. 이는 기술의 국가별 차이와 동적 내성적 가변성을 내세운 것으로 비교우위의 결정요인으로 기술의 중요성을 보여준 새로운 시각의 이론이다.

② 신기술 모델(Neo-Technology)

Posner(1961)⁴⁾는 기술혁신을 비교우위의 주된 결정요인으로 본다. 가령 각종산업에서 한 회사가 시장 수요의 요청에 따라 새로운 상품을 개발하면 불규칙적으로 비교생산비의 차이가 발생하여 다른 국가가 그 기술의 모방을 끝낼 때까지 무역이 계속적으로 발생하게 된다. 이 모델은 한 상품의 비교우위가 기술 혁신국에서 기술 모방국으로 이전되는 과정을 기술모방에 초점을 두어 설명하고 있다. Posner(1961)는 기술격차로 인한 무역을 수요시차와 모방시차의 차이와 관련시켰다. 수요시차는 기술혁신국(A국)의 신제품에 대한 최초의 소비와 기술모방국(B국)에서 이 제품에 대한 최초의 소비사이의 기간이다. 모방시차는 신제품을 기술혁신국에서 처음으로 생산했을 때와 기술모방국에서 이 제품을 처음으로 생산했을 때 사이의 기간이다. 여기서 수요시차는 사실상 측정이 곤란하므로 모방시차가 기술시차로 인한 무역을 기본적으로 결정하게 된다. 그러나 이상의 기술격차모델은 기술혁신국에서 기술모방국으로의 기술모방 메커니즘을 너무 단순하게 보았기 때문에 비교우위의 이전의 방향과 시간 및 그것들에 영향을 주는 요인에 대해서 정밀하지 못한 약점을 지니게 되었다. 이와 같은 약점을 보완한 것이 Vernon(1966)의 제품수명주기 이론이다.

③ 제품수명주기 이론

제품수명주기 이론은 국제 경쟁력에서 기술요소의 중요성을 강조한다는 점에서 기술격차이론과 공통점을 찾아볼 수 있다. 그러나 전자는 신제품개발이 생물의 경우와 마찬가지로 출생에서 시작하여 성장기를 거쳐 노년기에 이른다고 보는 신제품의 3단계론과 기술격차이론을 결합했다고 볼 수 있다. 더욱이 이 이론은 기술의 모방뿐만 아니라 해외직접투자 등을 통한 자본의 이동가능성을 보여주었다.

신제품으로서 시장에 진입된 상품은 수요가 확대됨에 따라 제품생산기술상 상품을 성숙 제품(Maturing Product)이라 한다. 즉, 신제품에서 표준화 상품으로 옮겨가는 중간과정의 상품을 성숙제품이라고 말해진다. 이 단계에서는 대량생산에 의한 규모의 경제가 가능하고 소비자들의 제품 가격에 대한 것이다. 이후 미국에서는 국내수요를 충족한 후에 여분을 수출하게 되며, 이때 서유럽 선진국의 수요가 급증하게 되는데, 이 단계가 제품수명주기의 제 2단계 중 성숙진기에 이른 것이라고 한다. 여기에서 미국의 기업가는 선진공업국으로부터의 수요를 충족시키기 위해 미국 이외의 지역

3) M.V. Posner, "International Trade and Technical Change," Oxford Economic Paper, October 1961.

에 생산설비를 설치할 것인가의 문제에 직면하게 된다. 이 경우 미국기업은 국내생산에 있어서의 한계생산비와 수송비의 합계가 해외에서 평균비용보다 높다면 해외에 진입하게 되어 이 단계가 성숙후기에 속하게 된다. 한편 이때 미국기업은 생산비용면과 노동비용면을 고려하여 미국에서와 해외에서 노동비용의 차이가 수송비를 상쇄할 만큼 충분히 크다면 해외에서 수입을 고려하게 된다.

2) 국제협력강화와 무역 연계성

(1) 기업의 국제화 개념과 R&D 국제화

국제화의 개념은 무역의 급격한 성장과 1960년대 미국에 의해 주도된 해외직접투자(Foreign Direct Investment)의 확대에 따라 진행되어왔다.

학문적으로 국제화라는 개념의 논의는 아담 스미스(A. Smith)나 리카르도(David Ricardo)로부터 시작되었다고 볼 수 있다. 아담 스미스는 절대 우위의 생산비로 Ricardo는 비교우위의 생산비로서 국제적인 무역이 발생하는 현상을 설명했는데 이러한 작업이 고전적 국제무역 이론의 기초를 정립하였으며 국제화에 대한 논의의 시초를 이루었다. 그러나 근본적으로 경제학에 기초를 두고 있는 이들에 반해 최근에 이루어지고 있는 학문적인 접근은 기업행동이론(behavioral theory of a firms)에 기초를 두고 기업의 국제화 과정을 개념적으로 정립하려는 경영학적인 측면에서의 노력이 주를 이루고 있다.

(2) R&D 국제화 논리와 개방형 기술혁신

좁은 의미에서 연구개발을 정의하면 특정 프로젝트를 수행하는 활동으로 한정할 수 있지만, 연구개발의 국제화 문제를 다룰 때의 연구개발이란 단순 프로젝트뿐만 아니라 연구개발을 지원하는 활동과 자원을 준비하는 사업을 포함한다. 연구개발의 국제화를 추구하는 목표가 다양한 만큼 사용하는 논리에 따라 그 의미도 달라질 수 있지만, 기본적으로 R&D 국제화는 외국의 자원을 활용하여 우리의 능력만으로 달성하기 어려운 국제수준에 빨리 도달하는 것을 목표로 한다. 아울러 상품 시장의 개방에 뒤따르는 연구개발시장의 개방에 대비한다는 목적으로 해외 혁신주체에 연구개발사업의 참여를 유도한다는 관점에서 개방화라도 동일한 개념이다. 국제무역론과 해외직접투자론에서는 연구와 기술을 산업생산의 국제화 과정에서 외생요소이지만 중요한 것으로 보고 있다. 1980년대 이후 국제화는 역내 국가 간 투자, 생산, 마케팅, 무역 그리고 기업 간 동맹과 협동을 포함하는 광범위하고 체계적인 형태로 발전하였는데, 이러한 국제화를 촉진시키는 요인이 기술혁신이었고 기술혁신이 또한 국제화의 일부분이기도하다. 기업들은 고객에게 더욱 가까이 가기위해 그리고 부족한 과학기술 인력을 보충하기위해 기술개발시스템을 국제화 하고 있다. 기술은 기업들 사이의 협력과 투자를 위한 매개체가 되고 있으며 이러한 현상을 Techno-globalization 이라고도 부른다. 즉 기업의 관점에서 국제화는 생산, 마케팅, 연구개발과 같은 기업의 주요기능의 국제적인 확장과 통합 그리고 다른 기업이나 기관들과의 Networking을 의미한다.

기술혁신과 관련하여 과거에는 기업 내부의 R&D를 중시하는 ‘폐쇄형 혁신(closed innovation)’이 지배적인 패러다임이었다. 경쟁자보다 많은 R&D투자를 통해 관련분야 핵심인력과 기술을 독점하기 위해 노력하고, 외부기술을 경시하는 NIH(Not Invented Here) 신드롬이 팽배하였으며, 기술유출을 막기 위해 외부와의 협력에 소극적이었다. 2000년대 들어 기술혁신 과정에서 내·외부의 다양한 자원을 활용하는 ‘개방형 혁신(open innovation)’ 패러다임을 개발하였고 이는 외부의 아이디어와 기술을 적극적으로 활용하여 혁신의 원천을 다양화하고 내부의 혁신을 가속화하는 것이다. 이를 위해 내부에서 개발된 기술을 의도적으로 외부로 내보내 새로운 시장을 창출하고 기술의 가치를 제고하기도 한다. 2003년 버클리 대학의 Chesbrough 교수⁴⁾가 이러한 연구개발의 흐름을 ‘개방형 기술혁신’으로 명명하였다.

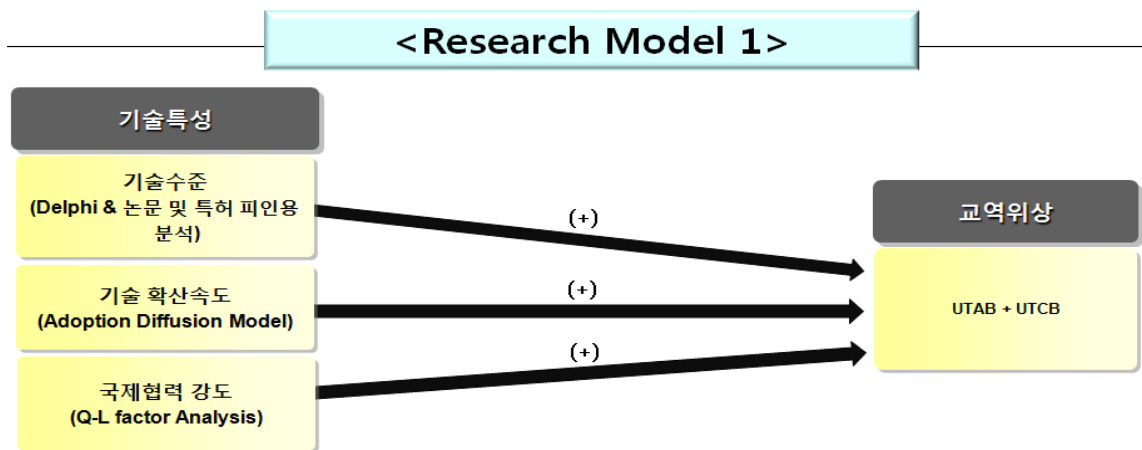
4) H.W. Chesbrough, "Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology", Harvard business school press, 2005.

2. 연구모형과 추정방법

1) 연구모형 및 가설

(1) 연구의 모형

본 연구는 상대적으로 연구가 미흡한 기술수준, 기술 확산속도, 국제협력강도의 관계에 관한 연구모형 및 연구가설을 설정하려고 한다. 이를 통해 무역현황의 변화에 대한 분석과 현 시점에서 부품·소재별 수입원인 분석과 함께 국내 소재산업의 경쟁력을 강화시킬 수 있는 시사점을 도출할 수 있을 것이다. 본 연구의 모형은 다음 <그림 1>과 같다.



(그림 1) 연구모형

연구모형(1)을 구체적으로 살펴보면, 독립변수는 기술수준, 기술확산속도, 국제협력강도이고 종속변수는 무역위상으로 각 독립변수들이 종속변수에 미치는 영향에 대한 실증분석에 대한 모형이다. 기술수준은 기술역량의 크기를 나타내는 상대적인 비교의 개념으로 비교 상대가 존재하거나 비교시점이 존재해야 하고, 본 연구에서는 Delphi(정성적) 및 논문/특허 피인용(정량적)을 분석하여 측정하였다. 기술확산속도는 특정 기술이 동종·이종 기술분야에 활용되어 지식(기술)의 파급효과 (Knowledge spillovers)를 의미하며, 본 연구에서는 국가별 SCI 논문 발생빈도를 분석하여 측정하였다. 국제협력강도는 경제적·사회적 사항을 비롯한 문화적·인도적·기술적 사항에 관한 여러 국가 간의 협력정도를 나타내는 개념으로 본 연구에서는 특정국가의 해당연도 연구성과에서 국제공동 협력과제 공동성과물의 비중을 분석하여 측정하였다. 본 연구에서는 무역현황의 변화에 대한 분석과 각 독립변수들과의 인과관계를 중심으로 국내 소재 산업의 무역위상을 강화시킬 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

(2) 연구의 가설

상기 연구모형을 토대로 관련 변수들 사이의 인과관계를 중심으로 연구가설을 설정하였다. 연구가설의 설정은 기술수준과 무역위상, 국제협력과 무역위상, 기술 확산속도와 무역위상 순으로 진행하였다. 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

① 기술수준과 무역위상

세계금융위기 이후 선진국의 내수시장 침체로 글로벌 경쟁이 심화되고 있다. 이를 극복하기 위하여 자국이 보유하고 있는 산업의 핵심 기술혁신 역량을 바탕으로 신성장동력산업 육성을 통한 글로벌 경쟁력을 확보 및 해외시장 개척에 적극적으로 참여하고 있다(과학기술정책연구원, 2011).

다요소비율모델(Multi-Factor Proportions models)에 따르면, 생산요소가 자본, 노동 혹은 과학·기술요소이든지 상관없이 각국은 자국이 상대적으로 풍부하게 보유하고 있는 요소를 집약적으로 투입하는 상품을 수출하게 된다. 신성장동력산업은 대표적인 급진적 혁신(Radical Innovation) 분야로써 모든 국가가 성능·가격 측면의 비슷한 문제에 봉착하기 때문에, 높은 기술수준을 갖고 있는 국가일수록, 해당 기술과 관련된 상품에 대한 수출을 장려할 것이고, 동 분야에서는 상대적으로 높은 무역위상을 확보할 것이다.

● 가설1-1. 기술수준이 높을수록 무역위상에 정(+)에 영향을 미칠 것이다.

② 기술 확산속도와 무역위상

세계금융위기에 따른 세계경제의 침체는 중국, 인도 등 신흥공업국들의 새로운 부상과 세계 에너지의 부족과 함께 에너지 확보 경쟁이라는 새로운 문제를 유발하고 있다. 새로운 도약을 위한 부의 창출은 ‘우위를 갖는 제도 구축’ 및 ‘과학기술을 통한 신기술 창출과 확산’에 의존하게 된다. 오늘날의 기술 확산은 단일 기술이나 제품이 독자적으로 확산되기보다는 복수의 기술이나 제품이 서로 경쟁하면서 확산되는 경우가 많다. 이러한 공진화현상(을 잘 반영하면서 동시에 수리적으로 쉽게 답을 제시하는 모형이 로트카-볼테라 경쟁(LVC·Lotka-Volterra Competition) 모형⁷⁾이다.

글로벌화에 따라 기업간 경쟁이 심화되고, 제품이나 서비스기술의 라이프 사이클도 점차 짧아지고 있다. 이에 대응하기 위해서 기업은 신속하고 지속적인 시장동향 모니터링을 통하여 경쟁기업이 미처 투자·생산하기 전에 시장을 선점하려는 경향이 있다. 세계금융위기 이후 이러한 경향은 더욱 확대되고 있으며 특히, 보유하고 있는 기술확산 속도가 빠르면 기술 프론티어를 개척하고 조기에 상업화하는 것이 가능하며, 고객 가치 구현을 통한 소비자 니즈를 선점할 수 있어 국제무역에 있어서 우월한 지위를 얻을 수 있다.

● 가설1-2. 기술확산 속도가 높을수록 무역위상에 정(+)에 영향을 미칠 것이다.

③ 국제협력과 무역위상

세계금융위기 이후 글로벌 경기침체로 경제난이 심각해지면서 각국은 자국의 산업보호와 고용확대를 위해 보호주의조치를 강화하고 있다. 대폭적인 관세율 인상 등의 전면적인 무역분쟁의 방식을 띠고 있지는 않지만, 경기부양을 구실로 자국기업을 차별적으로 지원하거나 환경 및 기술규제와연계하여 비관세 장벽을 구축하는 등 우회적인 방식의 보호주의가 확산되고 있다.

경제적 상호의존과 국제협력을 연결해주는 메커니즘 중 하나는 상호의존을 통한 이익과 이해의 수렴이다. 경제적으로 서로 긴밀하게 연결돼 있는 국가들은 상대방에게 좋은 것은 자신에게도 좋은 것으로 인식한다. 그만큼 상호의존적 국가들은 자신들에게 비슷한 영향을 미칠 국제 문제에 대해 동일한 입장을 취할 가능성이 커진다(Oneal & Russett)⁸⁾. 또 경제적 교류가 빈번한 국가·기업은 대상 정부·기업과의 접촉과 소통이 늘어 서로에 대한 이해가 깊어질 수 있고 이러한 대상 정부·기업을 많이 갖고 있는 국가·기업은 기존의 교류경험을 바탕으로 무역위상을 강화할 수 있다.

5) 복수의 기술이 상호 보완적 관계로 발전하는 현상

6) S.A. Morris and D. Pratt, “Analysis of the Lotka–Volterra competition equations as a technological substitution model”, Technological Forecasting and Social Change, Vol.70, Issue 2, pp.103–133, 2003.

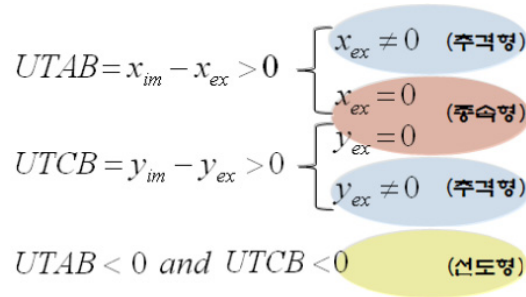
7) John R. Oneal and Bruce Russett, “The Classical Liberals Were Right : Democracy, Interdependence, and Conflict, 1950–1985, The Johns Hopkins University Press, Volume 52, Number 1, October 1999

- 가설1-3. 국제협력 강도가 높을수록 무역위상에 정(+)에 영향을 미칠 것이다.

2) 추정방법

(1) 무역현황 위상분석

본 연구에서는 역조현상을 정량적 역조(UTAB, unfavorable trade amount balance)와 정성적 역조(UTCB, unfavorable trade cost balance)로 구성된 “2축 혼성 역조 진단모형”⁹⁾을 제시하고, 각 축을 교차하는 영역별로 위치된 수출입 품목의 기술·산업적 특성을 규정하였다.¹⁰⁾



자료 : 강종석 외, “정밀화학분야 무역역조현황 추적진단 및 핵심요소기술 추출, KISTI, 2009.

(그림 2) 무역현황 진단 모형

또한, 해당 품목에 대한 국내 생산에 따른 수출이 있음에도 불구하고 정량·정성적 역조발생 품목의 경우는 “추격형 역조품목”으로 정의하며, 국내 생산에 따른 수출이 전혀 없는 역조심화 품목, 다시 말하면 전적으로 수입 의존적 품목을 “중속형 역조품목”으로 분류 하였다. 상기 제시된 수학적 정의에 따라 수출입 무역 데이터(HS 10digits 대응 무역품목)를 적용하면 4개의 영역별 무역현황의 진단이 가능하다.

(2) 위상분석 해석

본 연구에서 언급되고 있는 무역역조 추적진단 모형에서 제시되고 있는 XY 위상분석은 각 해당 축의 수학적 정의에 따라 영역별 의미를 부여할 수 있다. <그림 3>에서 정의된 X축은 정량적 역조 값으로 시장 지배력을 의미하는 축으로 설정 가능하다. 왜냐하면, 수입량이 수출량보다 월등이 많아 양(+)의 값을 가지는 경우로, 그 만큼 국내의 산업적 수요가 확대되고 있는 반면 수입에 대부분 의존하는 양상을 나타낸다. 따라서 국내기업의 시장지배력이 취약한 것으로 해석될 수 있을 것이다 (반대로, 외국의 국내 시장지배력이 매우 높은 것으로 동일 개념으로 취급될 수 있음). 또한, 정의된 Y축은 정성적 역조 량으로 가격 지배력을 의미하는 축으로 설정 가능하다. 수입단가가 수출단가보다 매우 높음(+))에도 불구하고 수입에 절대적으로 의존하는 상태를 보이기 때문이다.

X-Y축을 교차하면, <그림 3>에서 제시된 것과 같이 분포된 품목 군에 대한 위상별 원인을 추적할 수 있을 것이다. 각 해당 영역별 진단내용은 다음과 같다.¹¹⁾

8) 강종석 외, “정밀화학분야 무역역조현황 추적진단 및 핵심요소기술 추출”, KISTI, 2009.

9) 상기 연구보고서 동일. 수출·입 무역량(\$에 대한 역조발생 기여 분을 x축으로, 수출·입 무역단가(\$/kg)에 대한 역조발생 기여 분을 y축으로 정의

10) 강종석, “수출·입 무정보 기반 수출주도 및 수입대체 아이템 발굴과 연계 R&D 프로세스: 정밀화학산업”, KISTI, ISBN 978-89-6211-624-3, 2010,

- (+,+)영역: 국내생산 품목의 국내 시장 및 가격 지배력이 매우 열위하고 기술 종속형 품목으로서 제품경쟁력이 매우 취약한 품목(군)
- (-,+)영역: 국내생산 품목이 수입품목과의 시장 지배력은 유사정도로 평가될 수 있으나 가격 지배력이 낮은 기술 종속적 품목(군)
- (-,-) 영역: 국내생산 품목이 국내 시장 및 가격 지배력이 경쟁국과의 유사정도 확보된 품목(군)
- (+,-)영역: 국내생산 품목이 국내 시장 지배력은 매우 열위하고 가격 지배력은 경쟁국과 유사정도로 평가되는 기술 추격형 품목(군)



UTAB(정량적 역조, kg): 수입량 - 수출량으로 정의되며, 시장지배력을 함의
 UTCB(정성적 역조, \$/kg): 수입단가 - 수출단가로 정의되며, 가격지배력을 함의

(그림 3) 품목별 무역역조 현황 위상진단

3) 기술확산효과 추정

(1) 대응지표 및 추정방식

본 연구에서는 기술채택기반 확산속도 계측모델 (Adoption diffusion model)에 따라 수행되었다. 통상적으로 국가적 수준에서 특정기술의 확산형태는 다양한 원인으로 해서 발생하기 때문에 그 원인적 경로를 추적하여 확산속도를 계측하기는 거의 불가능하다. 따라서 국가적 차원에서 특정기술을 채택 또는 비 채택(Non-adoption)의 이분법적인 결과를 기술문헌에서 확인할 수 있기 때문에 산술적으로 단순화된 모델을 통해 측정 가능하다.

(2) 추정방법론

본 연구에서 고려된 기술 확산의 형태는 다음의 2개의 수학적 모델로 단순화될 수 있다.¹²⁾

- 기존 해당기술을 채택하여 연구개발을 수행하고 있는 국가와 현재 연구개발을 수행하고 있지 않은 국가(비채택 국가) 간에 상호교류(interaction)가 없는 경우 (Model I)
- 기존 해당기술을 채택하여 연구개발을 수행하고 있는 국가와 현재 연구개발을 수행하고 있지 않은 국가(비채택 국가) 간에 강한 상호교류(interaction)가 있는 경우 (Model II)

11) J.S. Kang, et al., Measurement of Diffusion Rates for Fuel Cell Technologies through Adoption Diffusion Model, Proceedings of the Fifth International Conference on Information (Info'2009), Kyoto Univ. p220-223.

위의 모형을 수학적으로 표현하면 다음과 같이 주어질 수 있다.

[Model I] 기술채택국가와 비채택국가의 상호교류(interactions between adoption countries and non-adoption countries)가 없는 경우,

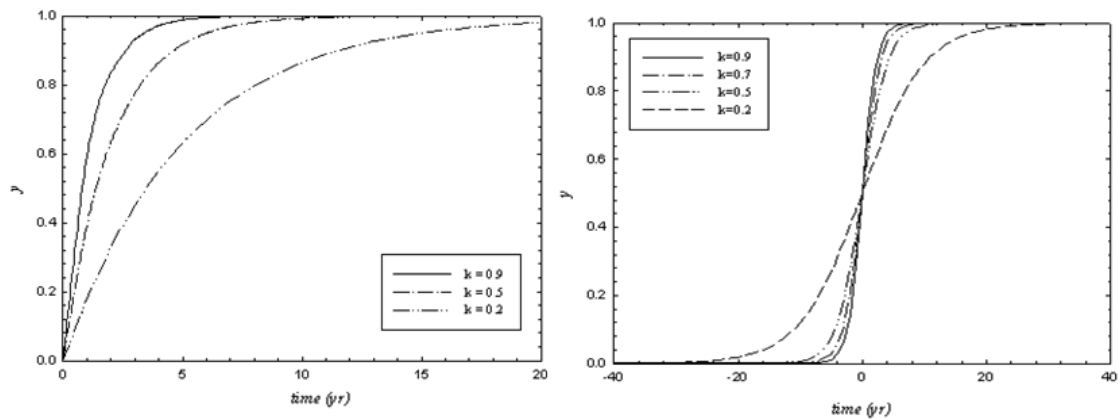
$$dy/dt = k(1-y)$$

[Model II] 기술채택국가와 비채택국가의 상호교류(interactions between adoption countries and non-adoption countries)가 존재하는 경우,

$$dy/dt = ky(1-y)$$

- *k parameter* : 국가적 차원에서 특정기술을 채택할 기술선호도 = 특정기술에 대한 평균 채택선호도 = 기술채택에 따른 확산계수 (Diffusion coefficient)
- *y value* : 현재 해당기술을 채택하고 있는 국가 비율(fractional volume of adoption countries)
- *(1-y) value* : 현재는 해당기술을 채택하고 있지 않은 국가 비율(fractional volume of non-adoption countries) = 미래 해당기술을 채택 잠재성을 가진 국가 비율

특이사항은 Model I은 초기 도입기 영역에서 지연구간(time-lag period)이 없이 빠른 확산패턴을 보이는 반면, Model II는 초기 도입기 영역에서 다소 긴 지연구간이 존재하며 전이구간(확산속도가 급격히 증가하는 초입구간)이 확인된다는 것이다. 또한, 거시적 확산 패턴에서 지연구간을 기술태 동기, 지연구간 말미에서 급격한 기술전이 초입구간을 기술도입기, 그리고 그 이후의 일정구간의 급속한 전이구간을 기술성장기, 최종 쇠퇴기로 정의되는 기술전이 감소 및 소강기로 구분되기도 한다.



(그림 4) k-parameter에 따른 확산패턴 시뮬레이션

4) 기술수준 추정

(1) 추정지표 및 방식

기술수준을 추정하는 방식은 전문가 그룹의 정성적 직관에 의존하는 delphi방식과 연구개발 성과물(특허 및 논문)의 피인용에 대한 정량적인 방법으로 구분된다. 최근에는 두 방법을 교차한 하이브리드 방식을 채택하는 형태가 많으나, 본 연구에서는 수학적으로 계량화된 지표를 사용하였다. 상기 적용된 지표는 네덜란드 라이덴 대학에서 최초 연구되어 유럽국가에서 현재 많이 활용되고 있

고¹³⁾, 2005년 국내의 국가연구개발과제 성과분석에 최초 채택되어 실질적으로 연구성과 및 기술수준을 평가하는 지표로 대표적으로 활용되고 있는 방법이다.¹⁴⁾ 따라서 본 연구에 적용될 수 있는 정합성을 확보하였다고 언급될 수 있다. 기술수준 지표의 수학적 모형은 다음과 같다.

$$Z_i = \sum(XY)_i$$

$$CPP = \frac{Z_i}{\sum(Y_i)}$$

$$Q = \frac{CPP_i}{CPP_{ave}}$$

X : 저널 impact factor ; Y : 논문 수 ; i : 특정 연도 ; CPP : 특정연도에 발표된 논문의 평균 피인용율

(2) 추정방법론

실제 사례를 통한 계측방법을 제시하면 다음과 같다. Web of Science (WoS, Philadelphia USA)에서 제공된 해당기술내용의 전체논문(100건)에서 연도별 전체 저자국적별 논문수 및 피인용값을 확인할 수 있다. 예를 들면, 반도체 제조용 에폭시 수지 개발 분야의 국가별 수준을 파악하기 위해 “논문 당 피인용 수(CPP)” 및 “수준지수(Q)” 등의 피인용 분석을 수행하였다. 국가별 수준 분석의 대상은 발표 논문 수 상위 23개국으로 하였으며(한국 포함), 앞서 언급하였듯이 사용한 수준지수(Q)는 “분야 내 모든 논문의 논문 당 피인용 수의 평균”에 대한 “특정 국가(기관 또는 연구자)가 발표한 논문의 논문 당 피인용 수”의 비율로 정의된다. 특정 국가(기관 또는 연구자)의 수준지수가 1 ± 0.2 인 경우는 해당 국가(기관 또는 연구자)의 수준이 분야 평균임을 의미하며, 1.2 이상인 경우는 분야 평균 이상임을, 0.8 미만의 경우는 분야 평균 이하임을 의미하는 것이다.

5) 국제협력 네트워크 진화추정

(1) 추정지표 및 방식

국제협력 연구의 관계강도는 선행된 연구결과에 따라 다음의 모형을 활용하였다.¹⁵⁾ $S(c)$ 는 특정 국가의 해당년도 연구성과(논문)에서 국제공동협력과제 성과물의 비중을 나타낸 것이고, L 은 국제협력 강도로 정의된다. L 은 $S(c)$ 로부터 계산될 수 있는 평균적인 국제협력 비중(S_{ave})으로부터 각 해당 $S(c)$ 값의 비로 산출된다. 해당 추정지표의 산출식은 다음과 같다.

$$S(c) = \sum T_i / \sum (D_i + T_i)$$

$$L = \frac{S_c}{S_{ave}}$$

- S : 국제협력 비중 (단, 국제협력 성과물(논문)은 전체 저자의 소속연구기관 국적을 기준함)
- T : 국제협력 성과물(논문) 수
- D : 국내협력 성과물(논문) 수

12) A.F.J. van Raan, etc, “The use of bibliometric data for the measurement of university research performance”, Research Policy, Vol.14, Issue3, pp.131-149, 1985.

13) “BT분야 국가연구개발과제 성과분석 및 평가”, 국가과학기술위원회/KISTEP, 2005.

14) H. Lee et. al., bibliometric indicators to identify core research institutions in green technologies: dye-sensitized solar cell, Convergence Technology and Information Convergence, International Conference Atlanta, GA USA(2009)

- i : 특정 연도
- c : 특정 국가
- L : 국제협력강도는 특정국가의 국제협력비중 값과 분석대상 모든 국가의 국제협력 비중의 평균값(S_{ave})의 비로 정의

(2) 추정방법론

실제 사례를 통한 계측방법을 제시하면 다음과 같다. Web of Science (WoS, Philadelphia USA)에서 제공된 해당기술내용의 전체논문(100건)에서 연도별 전체 저자국적별 동시발생 매트릭스를 추출하고, 각 국가별 그리고 연도별로 추출된 매트릭스 값에서 대각선 값(diagonal value)를 제외한 논문의 합으로 산출된다. 예를 들면, 앞에 제시한 국가 간의 동시발생 매트릭스에서 대각선 값은 자국 내에서 이루어진 연구 성과물로 산출되기 때문에 전체 논문 수에서 제외한 값은 국제협력 연구 성과물로 추출되는 것이다.

(3) 국제협력 네트워크 강도계측

국가별 기술수준(Q)와 국제협력 네트워크 강도(L)를 동일 도메인에 분산시켜 각 4개 영역으로 구분된 포지션분석이 가능하다. $Q=L=1$ 을 기준으로 네 개의 구역(I-IV)으로 구분되며 영역 I, II, 그리고 IV의 영역에서 III의 영역으로 변화되는 양상은 극단적인 산업 환경의 악화를 의미한다.

3. 실증분석

1) 자료의 구성

본 연구의 무역현황을 진단하기 위하여 유엔의 무역거래정보(www.comtrade.un.org)와 국내 관세무역정보를 활용하였다. 무역현황의 거시적 분석을 위하여 세계 주요국별로 무역정보를 수집하였고, 미시적 분석을 위하여 관세청 무역정보를 활용하였다. 해당 자료는 각 HS code 별 수출(입)량(kg), 수출(입)가격, 무역대상국별로 구조화 되어 있다. 따라서 본 연구에서 수행했던 분석형 자료의 신뢰성을 확보하기 위해 두 데이터의 산출값을 이용하여 상호검증을 수행하였고, 그 결과를 이용하여 최종적으로 전체 수입 또는 수출 무역량으로 사용하였다. 또한, 기술혁신 속도 및 기술수준을 측정하기 위하여 전 세계 탄소섬유제조기술에 관한 연구논문을 기초자료로 활용하여 수학적 변형을 통해 최종 활용하였다. 특히, 기술혁신 계수의 측정에서 중요 변수로 이용된 비율은 각 논문의 전체 저자의 소속기관의 국적을 추적하여 해당연도 또는 전체 연도에 대한 수행 국가의 수를 계측하고, 이를 바탕으로 각 연도별 비율을 산출하여 함수식에 적용하였다.

한편, 기술수준의 측정에 있어서 가장 핵심적인 변수로 간주한 것은 정량적 성과(논문 수)를 일차적으로 정의한 다음, 각 년도 별 논문 수에 대한 전체 피인용수의 비율로 계측하고 해당 연도별 전 세계 평균값으로 나눈 값으로 정의하였다. 따라서 전체 논문 수가 작으면 수준분석을 하기 위한 최소 논문 수가 작게 설정되어 분석결과가 통계적으로 유의하지 않을 수 있는 점이 존재한다.

2) 기술혁신 및 기술수준 계측

(1) 기술혁신 분석

특허와 논문은 발명과 연구에 대한 자연적인 소유권과 그 소유권의 활용 및 혁신을 유인한다. 따라서 본 연구에는 기술 혁신 속도를 측정하기 위하여, 탄소섬유 제조기술의 국가별 SCI 논문 발생빈도를 살펴보았다.

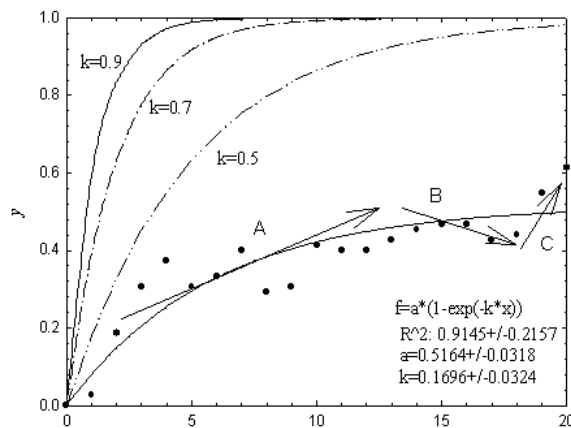
혁신모델을 적용한 Parameter 값을 살펴보면, 참여국가수 및 참여국가분율은 1989년 이후 지속적

으로 증가하다가 세계금융위기 후 점차 감소하는 것으로 나타났다.

<표 1> 탄소섬유기술에 대한 확산모델 적용 parameter 값 산출

연도	참여국가수	참여국가분율(yi)	비참여국가분율(1-yi)
2010	39	0.52	0.48
2009	44	0.59	0.41
2008	46	0.61	0.39
2007	41	0.55	0.45
2006	33	0.44	0.56
2005	32	0.43	0.57
2004	35	0.47	0.53
2003	35	0.47	0.53
2002	34	0.45	0.55
2001	32	0.43	0.57
2000	30	0.40	0.60
1999	30	0.40	0.60
1998	31	0.41	0.59
1997	23	0.31	0.69
1996	22	0.29	0.71
1995	30	0.40	0.60
1994	25	0.33	0.67
1993	23	0.31	0.69
1992	28	0.37	0.63
1991	23	0.31	0.69
1990	14	0.19	0.81
1989	2	0.03	0.97

<그림 5>는 본 연구에서 수행된 탄소섬유 제조기술에 대한 기술확산속도 추정을 제시한 것이다. 1989년에서 현재까지의 평균적 확산속도는 0.1696(±0.0318)로 추정되었고<그림 5의 A구간>, 동기간 중에서 외환위기 발생기간인 2007~2008년까지는 확산속도의 급격한 감소가 발생하였다. (통계적으로 확산속도는 마이너스의 개념은 없음. 즉 관련 기술 확산이 전혀 이루어지지 않음을 암시하는 것임<그림 5의 B구간>) 그 이후 외환위기의 회복기간(대략 2009~현재까지)에 접어들면서, 이전의 정상적인 확산속도와 비교하여 상회하는 속도(k ≃ 0.4859±0.0731)로 4배 이상 빠른 속도로 증가하여 현재까지 안정화되고 있음을 확인하였다<그림 5의 C구간>.



(그림 5) 국가적 수준의 탄소섬유 제조기술에 대한 확산계수 추정

(2) 기술수준 분석

기술수준이란 기술역량의 크기를 나타내는 상대적인 비교의 개념으로 비교 상대가 존재하거나 비교시점이 존재할 때 비로소 측정 가능한 수치를 의미한다. 선행연구를 살펴보면 기술수준을 측정하기 위하여 피인용 가중 특허 수(Patent Count Weighted by Citations), 특허 당 피인용 수(CPP, Cites Per Patent), 특허영향지수(PII), 현재영향 지수(CII), 기술력 지수(TS), 기술순환주기 지수(TCT), 과학연계 지수(*SL), 특허당 평균 청구항수(Average Claims Per Patent), 패밀리 규모(Family Size) 등을 활용한다. 본 연구에서는 기술수준을 측정하기 위하여 논문 등재수, 피인용지수, CPP, CPPave, Q를 활용하여 기술수준을 측정하였다. 즉 기술의 질적 수준을 측정하기 위한 정량적 결과 지표로서, SCI 논문이 게재된 학술지의 영향도 지수, 1차 피인용 횟수, 2차 피인용 횟수로 설정하여 투입변수와 결과변수간의 관련성을 측정하였다.

(3) 결과

1989년부터 2010년까지 75개의 국가를 대상으로 탄소섬유 제조기술의 국가별 SCI 논문 발생 빈도를 살펴본 결과, 금융위기 전인 2005년까지는 미국, 일본, 중국 순으로 SCI 논문을 등재하였고 등재 건수도 지속적으로 증가하고 있다. 또한 74개 국가의 탄소섬유 제조기술 SCI 논문 등재 증가율은 89년부터 10%내외로 일정한 수준을 유지하고 있으나, 중국의 경우 2006년 이후부터 SCI 논문 등재수가 급격하게 증가하고 있다.

확산모형을 적용한 Parameter 값을 살펴보면, 참여국가수 및 참여국가분율은 1989년 이후 지속적으로 증가하다가 세계금융위기 후 점차 감소하는 것으로 나타났다.

탄소섬유 제조기술에 대한 1989년에서 현재까지의 평균적 확산속도는 $0.1696(\pm 0.0318)$ 로 추정되고 있다(A). 동 기간 중에서 외환위기 발생기간(2007~8년)에는 확산속도의 급격한 감소가 발행하였다. 그 이후 외환위기의 회복기간에 접어들면서 이전의 정상적인 확산속도와 비교하여 상회하는 속도($k = 0.4859 \pm 0.0731$)로 안정화 되고 있다.

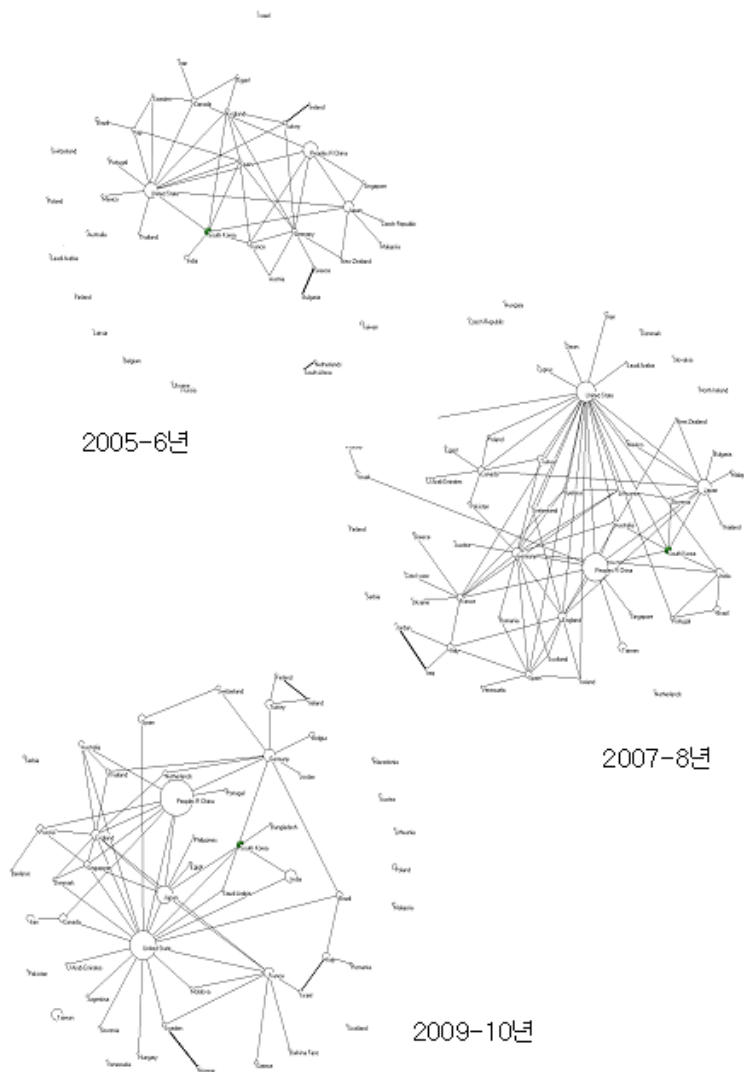
기술의 질적 수준을 측정하기 위한 정량적 결과 지표로서, SCI 논문이 게재된 학술지의 영향도 지수, 1차 피인용 횟수, 2차 피인용 횟수로 설정하여 투입변수와 결과변수간의 인과관계를 측정된 결과, 한국, 중국의 기술수준은 세계금융위기 직후 잠시 주춤하였지만, 바로 금융위기 전으로 회복하였고, 일본은 세계금융위기과 상관없이 1위를 유지하였다. 반면, 미국의 경우 세계금융위기 직후부터 지속적으로 낮아지고 있다.

4) 국제협력 네트워크 진화분석

(1) 국제협력 네트워크 가시화 현황

국제협력관계의 변화를 살펴보면, 세계 금융위기 전까지 국제 협력 관계망은 지속적으로 진화하는 패턴을 보이다가, 세계금융위기 후인 2009년부터 국제협력 관계망이 약한 것을 볼 수 있다(<그림 6> 참조).

최근 진행되는 연구는 특정 연구기관 및 국가에만 국한되지 않고 국제적으로 이루어지고 있는 것이 정보통신 및 과학기술 분야에서 일어나는 특징 중 하나이다. 개별 국가가 수행하는 학술 활동뿐만 아니라 이와 관련된 가치 및 아이디어, 의견, 기술이 지리적 국경을 넘어서 인접 국가를 포함하여 지구적으로 확산되고 있다. 각 국가의 연구역량의 국제적 협력은 지리적 경계의 개방을 촉진하여 글로벌 연구공동체를 조성하고 있다. 정치, 경제, 교육, 문화 등의 글로벌화 추세와 더불어 정보통신 및 과학기술 활동과 관련한 국제화는 지속적으로 형성되고 있는 등 국제협력 네트워크가 가시화되고 있다. 본 연구에서는 국가간 협력 관계망을 통하여 국제협력의 진화 현황 및 특성을 살펴보고, 국가간 국제협력 연구의 연계 정도를 통하여 국제협력 네트워크의 강도를 분석하였다.



(그림 6) 탄소섬유 제조분야의 국제협력¹⁶⁾ 관계망 진화 (2005-2010)

(2) 국제협력 네트워크 강도분석

선행연구를 살펴보면, 국제협력 네트워크의 강도를 측정하기 위하여 공동출원·발명 특허수(Number of Patents with co-applicants, with co-inventors), 샬턴 지수(Salton's Index), 인력 유입률·유출률(Brain Gain- Drain), 인용관계를 이용한 지식흐름 분석 지수(Index for Knowledge Flow with Patent Citations) 등을 활용하고 있다. 본 연구에는 국제협력 네트워크 강도를 분석하기 위하여, 국제협력 연구 국가연계 정도를 살펴보았다.

국제협력 네트워크 강도를 분석하기 위하여 국제협력 연구 국가연계 정도를 살펴본 결과, 세계금융위기를 전후하여 한국과 미국의 국제협력 강도는 0.379에서 0.363로 감소하였고, 일본은 0.264에서 0.400로 0.136, 중국은 0.068에서 0.180로 0.112 증가하였다. 개별국가별로 살펴보면, 세계금융위기로 전후로 중국의 국제협력 강도가 급속하게 높아지고 있다.

15) 본 연구에서 구현된 “탄소섬유 제조기술에 대한 국제협력 네트워크”으로 각 노드는 국가이고, 연결선은 협력관계를 의미한다. 본 연구에서 협력관계의 정의는 국제공동연구의 결과물인 SCI 학술논문에서 공저자의 소속기관 국적을 추적 조사하여 복수의 국가가 도출된 경우로 한정한다.

(3) 결과

전 세계적 관점에서 볼 때, 세계 금융 위기가 있었던 기간을 전후로 하여 국제적인 연구개발 협력 네트워크 활성화는 큰 변화가 관찰되었다. 다시 말해, 관찰대상기간 중 2005년부터 2008년까지는 국제적 협력이 강화된 결과를 보이다가 2008년 이후 현재까지 약화되고 있다.

국내의 경우는 세계 금융 위기를 전후하여 일본과의 협력 강화가 매우 강화되었고, 또한 중국과의 협력 강화 역시 강화된 전략을 보였다. 그러나 미국에 대한 국제협력은 금융 위기 전에 비하여 다소 감소된 것으로 측정되었다.

III. 결론

세계경제구조의 변화에 대응하고 대외무역의 안정성과 지속성을 확보하기 위해 부품소재산업의 무역구조의 변화와 수입원인을 분석하였다 이를 위해 기술수준 및 기술확산속도 분석 국제협력 네트워크의 동태 분석, 무역위상 및 위치분석을 수행하였다 세계 금융위기인 2008년 전후를 비교해 보면, 국내 기술수준 확산속도, 국제협력 강도는 세계금융위기전보다 향상되었다 이에 따라 무역 역조량 또한 감소하였다. 전체 무역량은 증가하고 있음에도 역조량이 감소한 것은 국내 무역위상이 높아졌음을 의미한다.

기존연구에서 기술수준 기술 확산 속도, 국제협력 강도 등이 높은 국가의 국제무역위상이 높은 것으로 나타났다. 본 연구의 결과, 세계금융위기 이후 기술수준 기술확산속도, 국제협력의 강도가 높을수록 국제무역의 위상이 높아졌다 즉 세계금융위기전과 비교하여 국제무역위상에 미치는 주요 영향변수는 세계금융위기 후와 동일하게 나타났다 그러나 그 영향변수 중 국제협력강도의 영향이 매우 증가한 것을 알 수 있었다.

본 연구는 국제무역위상에 영향을 미치는 주요 요인이 세계금융위기 이후 부품소재산업에 어떻게 변화되었는지를 파악하였다. 이를 통하여 국내 산업의 국제 경쟁력 강화 및 국제 무역위상을 높이기 위한 방안을 마련하는 것이다

참고문헌

- 산업연구원(2007), “경제성장에 따른 수출가격과 상품 다양성의 관계 연구”
- 관세청(2002), “신관세율표 실무해설편람”
- 대외경제연구원(2006), “무역의 다양성과 교역상대국이 자국의 경제성장에 미치는 영향”
- 한국과학기술기획평가원(2009), 국가 연구개발 성과분석 및 시사점
- 국가과학기술위원회(2009), “국가 R&D 성과분석 및 시사점”
- 국가과학기술위원회/KISTEP(2005), “BT분야 국가연구개발과제 성과분석 및 평가”
- 서울대 기술경영경제정책대학원과정(2004), “부품소재 한·중·일 무역현황 연구”
- 서울대 기술경영경제정책대학원과정(2004), “부품소재산업의 기술연관관계특성 연구”
- 한국과학기술정보연구원(2009), “정밀화학분야 무역역조현황 추적진단 및 핵심요소기술 추출”.
- 한국과학기술정보연구원(2010), “수출·입 무역정보 기반 수출주도 및 수입대체 아이템 발굴과 연계 R&D 프로세스: 정밀화학산업”
- A. Khaled, Hussein & A.P. Thirlwall(1999), “Explaining Differences in the "Technical Progress: A Survey,” Economic Journal, Royal Economic Society, vol 109(459), pages F715-25, Reddy, S. and Painuly, J. P.(2004), “Diffusion of renewable energy technologies: barriers and stakeholders' perspectives”, Renewable Energy 29, pp. 1431-1447.

- M.V. Posner(1961), "International Trade and Technical Change," Oxford Economic Paper
- H.W. Chesbrough(2005), "Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology", Harvard business school press
- S.A. Morris and D. Pratt(2003), "Analysis of the Lotka-Volterra competition equations as a technological substitution model", Technological Forecasting and Social Change, Vol.70, Issue 2, pp.103-133.
- John R. O Neal and Bruce Russett(1999), "The Classical Liberals Were Right : Democracy, Interdependence, and Conflict, 1950-1985, The Johns Hopkins University Press, Volume 52, Number 1
- J.S. Kang, et al.(2009), "Measurement of Diffusion Rates for Fuel Cell Technologies through Adoption Diffusion Model", Proceedings of the Fifth International Conference on Information (Info'2009), Kyoto Univ. p220-223.
- H. Lee et. al.(2009), "bibliometric indicators to identify core research institutions in green technologies: dye-sensitized solar cell", Convergence Technology and Information Convergence, International Conference Atlanta, GA USA