
과학과 기술의 연계에 관한 실증적 연구

The Empirical Study on the Interface Between Science and Technology

박상인*, 조성복**, 김정화***, 정선양****

* 기초기술연구회 연구원

** 기초기술연구회 사무국장

*** 세종대학교 기술혁신연구소 연구원

**** 세종대학교 경영대학 부교수/기술혁신연구소 연구소장

< 목 차 >

- I. 서론
- II. 선행연구 및 이론적 배경
- III. 연구모형의 설계
- IV. 실증분석 및 연구결과
- V. 결론

Abstract

우리나라는 최근에 IMF에 재정적 지원을 요청하는 상황이 계기가 되어 국가경쟁력과 삶의 질 측면에 상당한 관심을 가지게 되었다. 이러한 환경변화는 사회저변에 효율성을 강조하는 풍토를 확산시키고, 위기상황의 재발방지를 위해 그 원인을 분석하고 대안을 마련하는 등 사회 전반적으로 각고의 노력을 촉발시키게 하는 계기가 되었다. 이러한 논의들 중에 눈에 띄는 한가지는 과학과 기술사이의 관계에 관한 논쟁인데, 최근에 활발히 논의되고 있는 과학과 기술사이의 연계는 미국을 중심으로 많은 연구가 진행되고 있으며, 이러한 연구들은 대체적으로 과학과 기술사이에는 상당한 정도의 상관관계가 있고, 이 둘 사이는 서로 상호작용하면서 경제성장을 이끄는 역할을 한다고 주장하고 있다. 본연구에서는 이러한 논의들을 국내에 적용시킴으로써 해외의 사례가 우리에게 시사점이 될 수 있는지 체계적으로 분석하려고 시도하였다. 과학과 기술사이의 연관성을 알아보기 위하여, 과학의 연구성과를 대변하는 대용치로 SCI논문 사용하였고, 이러한 연구성과가 얼마만큼 사회에 파급되어 산업화 또는 상업화되었는지를 측정하기 위해 특허출원수를 추출하여, 연구의 목적에 맞게 modify 하는 과정을 거쳤으며, 추세분석과, 상관관계분석 그리고 회귀분석을 실시하였다. 본 연구는 실증분석을 통하여, 과학과 기술사이에는 일부 소수의 영역을 제외하고 매우 높은 상관관계가 있음을 발견하였고, 우리나라의 주력산업이었던 기계분야의 쇠퇴를 실증적으로 확인할 수 있었으며, 정부의 적극적인 지원아래 폭발적으로 성장하였던 IT분야의 증가추세를 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 국가경쟁력의 근간이 되는 연구개발부문에 경제논리를 배제하는 지속적인 투자를 제언함으로써, 국가경쟁력 제고와 삶의 질 향상이라는 두마리 토끼를 잡을 수 있는 방안은 과학과 기술의 유기적인 연계에 있음을 밝히고 있다.

키워드 : 과학선도론, 기술전인론, 혁신의 강도, SCI논문, 특허, 기초연구

I. 서론

우리나라 과학기술은 지난 1966년 2월 10일 한국과학기술연구소가 설립된 이후로 고도의 성장을 지속해 왔다. 이러한 양적인 성장은 아직 미완의 잠재력으로 남아있던 우리경제에 폭발적인 성장을 할 수 있게 해준 원동력으로써 작용하였으며, 경제개발계획이라는 커다란 틀 안에서 역동적으로 파생되어 국가경쟁력 제고에 큰 역할을 담당하여왔던 것 또한 사실이다. 그러나 전 세계를 지배하는 패러다임의 근간이 디지털화, 지식기반화 되면서 그간 양적 위주의 과학적 연구 성과들은 한계에 봉착하였고, 이제는 모든 연구개발주체가 걱정스런 시각으로, 과학기술계를 바라보고 있는 실정이다.

현재 우리가 살고있는 21세기는 기술변화율이 급변하며, 기술의 수명주기가 짧고, 기술이 곧 국가경쟁력을 좌우하는 시대이다. 이러한 사회 변동을 가져오는 가장 커다란 힘의 원천은 지난 우리경제에 커다란 자취를 남겼던 기초연구 및 과학에 근본을 두는 과학적 기술이기 때문에, 기술의 발전추세를 파악하고 이에 대비해 나가는 노력은 현 시점에서 꼭 필요한 사안이며, 국가 차원에서 미래를 주도할 기술을 정의하고, 제한된 자원 속에서 이를 효과적, 효율적으로 개발하는 방안을 마련하는 것은 매우 시급하고도 중요한 문제이다. 그러나 국내외적인 환경의 변화는 급속도로 진행되고 있으며 그 변화의 방향은 첫째, 기초과학과 산업기술의 통합, 둘째, 과학기술 융합화에 따른 응용확대, 셋째, 개인창의성 중심의 연구활동의 요구, 넷째, 세계를 무대로 한 네트워크형 연구개발 활성화 등으로 변해가고 있다. 이러한 환경의 변화는 현실에서 다양한 형태로 파급되고 서로 상호작용하고 있는데 이는 기초과학의 목적지향적인 당위성을 확보하기 위하여 모든 연구개발혁신주체가 고려해야 할 사항일 것이며, 아울러 고도로 산업화 되어가고 있는 현시점에서 모든 생산주체가 체득하여야 하는 명제일 것이다.

여기에 기초연구 및 기초연구 성과의 상업화 내지 산업화에 대한 역할 및 중요성이 대두된다. “기초연구”(Basic Research)는 특정 응용이나 용도를 고려하지 않고, 현상이나 사실의 토대에 대한 새로운 지식을 획득하기 위해 수행되는 실험적·이론적 활동으로 정의 할 수 있다. 또한 Nelson(1992)은 기술에 대하여 다음과 같은 정의를 하고 있는데 “특정디자인과 실행, 사물이 어떻게 그리고 왜 움직이는지에 대하여 이해를 제공하는 공유성 지식(generic knowledge) 그리고 최근에 통제되었던 제약의 본성”이라고 정의하고 있다.

이 둘 사이의 관계는 여러 연구에 의해서 밝혀지고 있는데 Brooks(1994)¹⁾는 과학과 기술의 관계는 매우 뚜렷하면서도 뚜렷한 성격범주를 나타내며, 독립된 요소이지만 반드시 함께 존재하여야만 기능할 수 있다고 주장하고 있다. 그러므로 과학과 기술의 연계를 밝히고, 이 둘 사이의 상관관계를 분석하는 것은 매우 의미 있는 일이라고 하겠으며, 과학부문의 연구개발주체와 산업부문의 생산주체들 사이의 국가경쟁력 제고 측면에서도 심도 있게 다루어져야 할 부분이라고 하겠다. 또한 기초연구는 그 성과가 불특정 다수에게 공유되고, 연구수행기간이 길며 연구투자 후 경제적 성과 도출까지 오랜 시일이 소요되어, 투자에 대비한 직접적인 성과분석은 어렵기 때문에 관리상의 문제가 도출될 수 있으나, 기초연구의 성과는 응용연구로 이어지는 과학적 돌파구를 만들어내고, 이는 다시 피드백(feedback)되어 상업제품과, 공정(process)의 확산 그리고 개발(development)을 이끌어 내는데 중요한 역할을 하게 되므로, 산업의 근간이 되는 “과학적 기초”(Scientific Base)의 확립과, 이에 근거한 합리적인 산업전략의 수립 및 이를 효율

적으로 운영할 수 있는 법적 제도적 환경의 확립은 실질적으로 매우 의미 있는 일이라고 하겠다. 본 연구는 이러한 기존의 논의를 바탕으로 과학과 기술의 연계에 관하여 실증적으로 접근하려는 시도를 하였고, 이를 위하여 SCI논문과 특허를 과학과 기술의 대응치로 사용하여 각각의 추세분석을 실시할 것이며, 상관관계분석 및 회귀분석을 통하여, 혁신의 강도를 측정하고, 이를 통하여 정책적 시사점을 도출하는데 주력할 것이다.

II. 이론적 배경 및 선행연구

2.1. 과학에 관한 이론적 고찰

2.1.1. 기초과학의 개념 및 특징

기초과학은 과학의 여러 범주 중에서도 가장 의미가 포괄적이며, 명확화 하기도 힘든데, OECD에 의한 분류에 따르면 기초과학연구는 “특정한 목적이나 사용을 염두에 두지 않은 채 관찰된 사실 또는 현상에 내재한 기본적 신규 지식을 얻기 위하여 주로 수행되는 실험적 또는 이론적 연구”로 정의된다. 이러한 기초과학에 대한 연구는 응용연구나 개발로 이어진다는 점에서 상당한 의미가 있다¹⁾. Kumar(2000)에 따르면 기초연구의 성과는 응용연구로 이어지는 과학적 돌파구를 산출해 내며, 이는 다시 돌아와 상업적 제품과 과정의 확산과 개발을 만들어 낸다고 하였다. 또한 임양택(1998)¹⁾에 의하면 기술혁신은 여러 단계를 거쳐 이루어지는데 첫 번째 단계는 기초연구에서 시작되며, 이것은 곧 지식의 탐구를 위한 순수한 학문적 연구과정에 해당한다고 하였다. 결국 기초과학은 기술혁신에 있어서 시발점이 되며, 과학적 돌파구인 동시에 확산의 모태가 되는 중요한 개념인 것이다. 또한 기초과학은 일반적인 의미와는 별도로 사회현상과의 연계를 통하여 인류의 삶에 투영되고 있는데, 과학기술의 발달은 그 시대의 문화가 가질 수 있는 영역이나 한계성을 직간접적으로 규정하게 되고, 시대의 패러다임을 조성하게 하는 주요 원동력이 되기도 한다. 물론 역으로 문화가 사회가 가질 수 있는 과학기술도 형성시키는 요인이 되지만 최근에 이르러는 과학기술이 미시적인 세계에서부터 우주관에 이르기까지 개념적으로, 실용적으로 크게 문화가치관에 영향을 주고 있다.

기초과학은 여러 가지 의미에서 중요성을 가지게 되는데 기초과학연구가 갖고 있는 특성은 다음과 같이 정리할 수 있다. 먼저, 기초연구는 응용, 개발, 설계연구보다 보편성(universality)과 학문성(academic quality)이 높다. 따라서 그 결과는 산업간이나 국가간의 장벽을 넘어 교환되고 학문적 결과로서 발표된다. 따라서 기초연구 수행자에게 돌아가는 가장 큰 보람은 전문지에 논문이 게재되어 역사적으로 연구결과가 인정을 받는 것이다. 둘째, 기초학문에 있어서의 연구는 기초연구라 간주되고 있으며, 공학이나 의학 등 응용연구에서도 많은 기초연구가 이루어지고 있다. 따라서 ‘기초과학’이라고 하여 학문분야를 정의하는 것보다는 ‘기초연구’라고 하여 행위적인 연구분야를 규정하는 것이 더욱 바람직하다. 셋째, 기초연구의 가장 중요한 요소는 연구원이다. 기초연구의 경우 연구원의 의지, 창의력 또는 지구력은 기초연구의 질을 결정하는 절대적 요인으로 작용하게 된다. 특히 새로운 창의성을 가지고 있는 신진과학자의 비중이 기초연구에서는 대단히 중요하다. 넷째, 기초연구의 궁극적인 가치는 연구의 학문적 가치에 있다. 새로운 발견과 새로운 현상의 구명이 목적인 것이다. 따라서 경제적인 혜택이나 실질적 이익이

라는 가치는 부수적이다. 다섯째, 기초연구는 결과보다는 과정에서 얻어지는 수확이 크다. 수행할 때에 이루어지는 연구인력 양성, 연구방법 개선, 연구 환경조성 등은 무시할 수 없는 소득이며 장기적으로 볼 때 기초연구의 발전에 공헌을 하게 된다. 이러한 과정에서 얻어지는 부수적 파급효과는 기초연구의 중요한 특성이자 간과할 수 없는 보탬이라 하겠다. 여섯째, 대규모의 연구시설을 요하는 대형 기초연구과제나 장기연구과제는 민간에서 지원하기는 곤란하다. 또한 응용연구와 개발연구에 재원을 집중하여야 할 민간에서는 기초연구에 지원할 여력이 제한적이게 된다. 이에 따라, 기초연구 및 기초과학 육성을 위한 정부의 적극적인 역할이 필요하다.

2.1.2. 응용과학의 개념 및 특징

일반적으로 응용은 이론이나, 이미 얻은 지식을 구체적인 개개의 사례나 다른 분야의 일에 적용시켜 이용하는 것으로 정의 할 수 있는데¹⁾, 과학에 있어서 응용과학은 기초과학으로부터 얻어진 학문적 결과를 바탕으로 하여 특정한 목적을 가지고 수행되어지는 과학적 연구활동이라고 할 수 있다. 이러한 응용과학은 응용기초과학 또는 목적 기초과학과 혼동 될 수 있는데, 응용과학의 특징은 주로 기업에 의해서 이루어지며¹⁾, 구체적인 지식의 획득을 목표로 하고¹⁾, 상업성을 지향한다는 점¹⁾에서 기초과학과는 구별 될 수 있다. 이러한 응용과학은 상업성의 측면에서 매우 중요한데, 현대의 기술추세의 특징은 폭넓은 기반기술의 중요성과 함께 인간의 삶에 합목적적인 응용기술의 중요성이 대두되고 있다. 그러므로 다양한 핵심정보기술을 수집하고 적절한 기술을 선택한 후 가능한 모든 자원을 집중시켜 상업화로 이어지는 연결고리의 역할을 하는 것이 바로 응용과학이며¹⁾, 이를 통한 선도기술이 타 부문을 리드할 수 있는 것이 효율적 국가혁신체제의 시작이라고 할 수 있겠다.

2.2. 기술에 관한 이론적 고찰

2.2.1. 기술의 정의 및 개념

오늘날 기술은 생산공정에서부터 서비스에 이르기까지와 작은 기업에서 큰 기업에 이르기까지 모든 기업에게 영향을 미치는 중요하고 위협적인 요소가 되었다.¹⁾ Betz(1997)¹⁾에 의하면 “모든 기술은 자연현상을 토대로 하며, 과학적 지식을 동원하여 인간의 궁극적인 목표에 일치하도록 만들어지고, 기술조작의 목적은 기술의 논리적 도식을 마음에 정립시키는 것이다”라고 하였다. 또한 Brooks(1994)¹⁾는 “기술은 과학과의 상호관계에 있어서, 매우 밀접하면서도 뚜렷한 성격범주를 나타내고, 과학과 기술이 관계는 독립된 개별요소이지만, 반드시 함께 존재해야만 기능을 한다.”고 하였다. 이러한 관점에서 볼 때 기술과 과학은 다른 범주 속에서 파악되어야 하는데 기술의 보다 넓은 의미로는 인간의 욕구나 욕망에 적합하도록 주어진 대상을 변화시키는 모든 인간적 행위를 말한다.¹⁾

2.2.2. 기술 S-Curve

기술 S-curve란 어느 특정한 기술에 투입된 누적 연구개발비와 그 기술의 생산력의 관계를 나타내는 곡선이다. 기업이 어떤 특정한 기술에 계속해서 투자함으로써 달성할 수 있는 경쟁우위의 정도는 시간의 흐름에 따라 변화하는데, 먼저 선도기술만 있는 단계에서는 이 기술을 확보한 몇몇 회사들이 기술개발 리더로서의 경쟁우위를 가지게 되며, 그로 인하여 이 기업들은 시장에서 선도자의 이점을 확보 할 수

있게 된다. 그러다가 이 기술이 기업의 경쟁력에 중대한 영향을 미치는 단계에 들어서면 선도기술은 기업에게 경쟁력을 극대화 하여주는 원천으로써 변환되는데, 이 단계의 기술은 더 이상 선도기술이 아닌 핵심기술로의 전환을 의미한다. 기술이 선도기술에서 핵심기술로 바뀌면 각 회사의 경쟁력은 얼마만큼 집중적으로 R&D에 투자하느냐에 크게 좌우되며, 기업의 영속성에 심대한 영향을 미치게 된다. 끝으로 핵심기술이 저반기술로 바뀌면 기업에게 지속가능한 경쟁원천이 되었던 기술이 다른 기업들에 의해 모방이 가능해지고, 회사가 장기적으로 이 기술로 확보할 수 있는 경쟁우위는 극히 제한된다.¹⁾ 이러한 기반기술의 단계에 이르러서는 기업의 입장에서 보편화되어 있는 산업내의 기존기술에 대한 연구개발비를 줄이고 다른 새로운 선도기술의 개발에 눈을 돌리는 것이 바람직하다.

2.2.3. 점진적 기술과 급진적 기술

기술은 사회에 어떠한 형태로도 영향을 미치고 있으며, 현대의 기술개념은 단순히 유용한 방법의 실체가 아니라, 사회의 패러다임을 리드하는 역할을 하는 것이 일반적이다. 이러한 기술은 사회에 미치는 영향과 충격, 범위에 따라서 점진적 기술과 급진적 기술 차세대 기술로 나누는데, 이는 기술이 변화 할 때 그 응용으로 인하여 사회 시스템이 얼마나 변화하는지에 관한 문제와 직결된다.

급진적 기술은 기초과학연구 성과에 의하여 발생하는 기술로서, 기술의 역동적인 혁신에 의하여 새로운 기능이 탄생하는 것을 말한다.¹⁾ 이러한 급진적 기술은 역사상 거의 발생하지 않으나, 새로운 신산업의 기반이 되는 원동력이 되므로 기술의 진보 측면에서는 매우 중요한 기술 범주라고 할 수 있고, 불연속적으로 발생하며, 산업구조에 극적인 충격을 줄 수 있다.¹⁾ 역사상 급진적 기술의 대표적인 예로서는 증기기관을 들 수 있는데, 증기를 이용한 동력기술의 사회적 영향력은 실로 엄청났으며, 미국의 경우 철도를 통하여 지리적으로 집중된 사회적, 물리적 자원을 효율적으로 배분시킴으로서 현재의 강력한 국가경쟁력을 확보할 수 있었다. Abernathy, W.와 Utterback, J.(1978)¹⁾는 기술적, 경제적인 법칙에 의해서 진행된 급진적 혁신의 결과로 산업들이 사라지거나 토대가 무너지는 현상을 발견하였는데, 그에 따르면 대부분의 급진적 기술들은 새로 진입한 기업들이나 외부기업에 의하여 시작되어 특정산업을 파괴시키고, 이러한 결과로 인하여 극소수의 기업들만이 이와 같은 변화에 살아남는다고 하였다. 결국 급진적 기술은 외생적인 성향으로서 사회전반에 영향을 미치고, 거대한 변화를 야기시키며, 커다란 충격을 가져오는 기술이다.

점진적 기술은 급진적 기술과는 다른 양상을 보이는데, 기초기술 system의 변화가 기능을 바꾸는 것뿐만이 아니라, 성능, 외형, 안전, 품질, 저비용을 향상시키는 것을 말한다.¹⁾ 이는 곧 System과 system혁신이 구성요소 또는 system과 혼합하여, 새로운 방법을 발명하고 이를 응용하는데 매우 중요한 역할을 하는 것을 의미하는데, 점진적 기술은 산업구조를 바꾸지 않는 경향이 있으며, 기존의 산업구조를 강화시키는 특성이 있다. 연속적인 기술혁신과, 점증적인 기술혁신이 이에 포함된다.

2.3. 과학과 기술의 상호연계

2.3.1. 과학선도론

과학선도론은 과학(science)이 기술(technology)과 경제발전(economic development)을 선도한

다는 견해이다. 이는 과학투입(science push)이론이라고도 불리는데, 최근의 과학기술은 그 동안의 과학적 발견(scientific discoveries)에 기초하고 있음을 강조하는 이론을 말한다.¹⁾ 결과적으로 과학은 기술개발의 기반을 구축하고, 이어 새로운 시장을 창출한다는 것이다. 과학선도론 입장은 과학-기술-시장간의 선형적인 관계가 형성되어 있다고 가정하고 있는데, 이와 같은 논리는 그 동안 많은 국가들이 과학기술에 대한 투자를 증대시켜야 한다는 국가의 정책결정에 결정적인 지지의 역할을 수행하였다. 즉 과학에 대한 투자는 자연스럽게 기술혁신을 촉발시키고, 이 기술혁신은 또다시 경제발전에 기여한다는 것이다. 이 같은 논리 하에 많은 국가들의 정부는 과학기술에 대한 투자를 증대시켜왔다. 현재 우리가 사용하고 있는 많은 기술들이 과학에 기초를 두고 있다는 것은 과학선도론을 지지하는 좋은 예라 할 수 있겠다. Bhalla(1987)¹⁾는 과학기술개발에 있어서 다음과 같은 사항을 주장하고 있다. 무엇보다도 그는 과학은 아주 희소한 우연한 발견을 제외하면 기존의 과학기술에 기초를 두고 있다고 강조하며, 기술도 과거의 기존기술에 기초를 두고 있음을 주장하고 있다. 그에 따르면 기술개발은 다양한 단계를 거치는데, 각 단계마다 서로 다른 기능과 재능을 필요로 한다.

<표 1> 20세기의 과학과 이들의 과학적 기초

대표적 기술	과학적 발견
원자력 에너지	질량과 에너지의 관계에 관한 1905년 Einstein의 논문
트랜지스터	A. H. Willson의 1931년 반도체 이론
전자	1880년대에 개발된 Maxwell의 전자기(Electromagnetism) 이론
유전공학	Watson & Crick의 1952년 DNA 구조 규명

자료 : Khalil, T. (2000), *Management of Technology : The Key to Competitiveness and Wealth Creation*, McGraw-Hill, Boston, p. 85.

이와 같은 과학선도론은 선형모델(linear model) 또는 파이프라인모델(Innovation Pipeline Model)에 의하여 지지되고 있는데, 이 모델에서 전제로 하는 것은 과학과 상업화를 위한 파이프라인의 과정속에는 이를 지탱하여 주는 인적, 재무적 자원이 필요하며, 이 같은 자원은 확대는 시장에서의 성과의 확대로 이어질 수 있다는 점을 강조하는 것이다.¹⁾ 즉 기초연구 및 응용연구에 대한 투자는 자연적으로 기술개발 및 생산으로 이어지며, 이러한 과정속에서 경제는 양적 질적으로 팽창한다는 이론이다.

2.3.2. 시장견인론

시장견인론(market pull theory)에서는 시장의 수요 및 기술이 과학을 선도하여 새로운 제품의 창출로 이어진다는 이론이다. 이 이론은 기술개발이 시장의 견인에 의하여 촉발되며, 이 같은 기술개발에 대한 수요는 과학에 대한 수요를 촉발한다는 관점에서 출발한다. 즉, 기술은 시장의 필요 혹은 수요를 충족시키기 위하여 개발되어지는데, 이는 기술을 시장에 연결시키는 가장 효과적인 방법이며, 대부분의 경우에 있어서 시장견인은 소비자에 의해 촉발된다. 시장견인에 의하여 개발되는 기술의 특징은 대부분이 점진적인 성격을 가지고 있으며, 기존기술의 개선을 나타내는 경우가 대부분이라는 것이다¹⁾. 점진적인 기술진보는 누적적인 효과를 가지고 있으며, 기존의 산업구조를 강화시키는 특성이 있고, 기업의 생산성과 경쟁력에 대단한 영향을 미친다.

그러나 특정 문제를 해결하기 위한 시장에 있어서 강력한 집합적인 수요가 있으면, 이 같은 시장의 견인은 기술의 주요 돌파구(major breakthroughs)를 가져오게 되며, 이 같은 돌파구를 만들기 위해서 과학은 주요한 원동력이 된다.

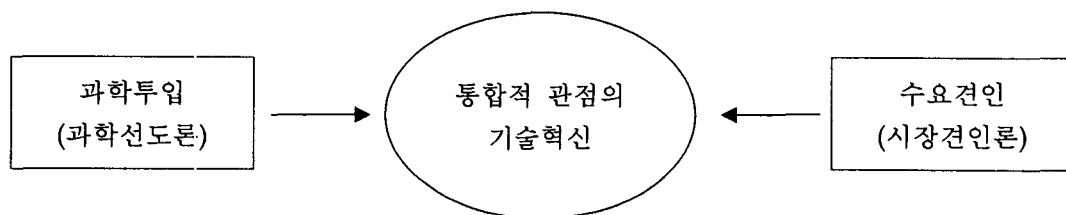
시장견인론을 주장한 대표적인 학자로는 Rosenberg, N(1982)¹⁾을 들 수 있는데, 그에 따르면 과거의 작은 과학(Little Science)이 최근에는 거대과학(Big Science)으로 대체되었고 기초연구에 대단히 많은 비용이 들어가고 있다고 하였다. 이 점에서 그는 과학이 기술 및 경제와 효율적으로 연계가 되어야 이 같은 막대한 투자를 회수할 수 있고, 이러한 점에서 과학의 육성과, 과학과 기술 및 경제와의 연계가 특히 중요하다고 주장하고 있다. 특히 현대의 산업이 과학기반산업으로 바뀌어 가고 대부분 국가들이 첨단산업(High-Tech)의 육성에 주안점을 두고 있는 상황 속에서는 과학은 계속적으로 기술과 융합을 하게 될 것이며, 산업이 첨단화됨에 따라 기술적 성과는 점차적인 한계에 봉착하게 될 것이다. 이 같은 기술적 한계를 해결하기 위해서는 과학을 바탕으로 한 통합과정이 필요할 것이며, 양방향적인 접근속에서 문제의 해결이 이루어져야 할 것이다.

2.3.3. 통합적인 시각

최근에 와서는 기술혁신을 효과적으로 촉발시키고, 활용하기 위해서는 이상의 두 가지의 견해에 관하여 통합하는 접근방법이 필요함을 강조하고 있다. 이러한 통합적인 시각은 과학과 기술의 상호작용속에서 기술혁신이 촉발되고, 경제발전이 이루어진다는 가설을 바탕으로 하여 논리가 전개된다.

이상과 같은 통합적 시각을 기술혁신의 과정에서 파악하면 사슬연계모델(Chain-Linked Model)¹⁾로 나타낼 수 있는데, 사슬연계모델에 따르면 연구는 기술개발에 선행되어 이루어지는 것이 아니라 기술의 개발에서부터 분석적 디자인의 생산, 상세 설계, 제품의 생산 및 유통에 이르기까지 지속적인 새로운 지식을 제공해 주며, 각각의 단계들은 서로간에 피드백이 되고, R&D 과정에 있어서도 이들 각 단계간에 계속적으로 피드백이 이루어지는 것으로 파악한다.

<그림 1> 기술혁신을 촉발하기 위한 과학과 기술의 통합



자료 : 정선양(2002), <주요국의 기초과학지원정책>, 한국과학재단.

최근에 와서는 기업의 입장에서 기초연구, 응용연구, 상업화간의 연계의 필요성에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다. Martin(1994)¹⁾은 “상업적으로 성공적인 기술혁신은 지속적인 사슬반응(chain-reaction)의 산물”임을 나타내며, 기술혁신의 상업적 성공은 지식, 전문성, 기업가정신, 경영능력, 사회적 수용의 인지, 보조환경 등의 통합을 필요함을 제시하고 있다. 기술혁신 사슬방정식은 아이디어를 시장에 출하하는데 기업가정신의 중요성을 나타내 준다. 즉, 기업가 정신, 기술적 능력, 실험정신이 영성한 개념적인 시제품을 구체적이고 확고한 제품으로 변환시키며,

여기에서 특히 위험을 감수하려는 기업가 정신이 중요하게 대두된다. 이 방정식에서 “경영의 역할”은 기술혁신 과정의 일정시점에는 안정성과 통제의 필요성이 대두함을 나타내 주는 것으로, 이는 기술혁신이 상업적 성공으로 이어지는데 필요한 공정의 효율성을 제공해 주며, 실제로 공식적인 조직구조는 점진적 혁신의 증대를 가져다준다. 비슷한 관점에서 Bordogna(1997)는 기술혁신을 “동시에 이루어지며, 상호작용적이며, 비선형적인 활동”으로 파악하고 있다. 그에 따르면 기술혁신은 과학, 공학, 기술뿐 만 아니라 사회적, 정치적, 경제적 상호작용, 그리고 정부의 정책까지 포함하는 것으로 크게 해석하고 있다.¹⁾ 이와 같은 사회과학적인 환경들은 전반적인 부의 창출 과정을 가능하게 하거나 제약하는 기능을 수행하게 된다.

III. 연구모형의 설정

3.1. 연구모형개발 및 가설설정

3.1.1. 연구모형의 개발

본 연구는 시작단계에서 “무엇을 변수로 하여 과학적 발견을 측정 할 것인가?”, “어떠한 데이터가 기술의 대용치로 이용될 수 있는가?”의 문제의 해결을 위해 많은 노력을 집중하여왔다. 그 이유는 수많은 과학과 기술을 대변하는 지표들 중에 가장 합리적이고 타당성을 가지고 있는 변수를 사용하여 실증적인 분석을 실시하여야만 가장 실제의 현상에 근접한 결과를 도출해 낼 수 있다는 기본적인 생각에 기인한 것이며, 또한 본 연구의 질적 수준을 높일 수 있는 방법이기 때문이다. 이를 위하여 본 연구에서는 여러 전문가의 자문과 기존의 선행연구를 바탕으로 하여, 많은 고민 끝에 과학적 발견과 연구결과의 대용치를 SCI급 학회지에 발표된 논문으로 설정하였으며, 각종 기술과 관련하여 얼마나 상업화 또는 산업화로 이어졌는지에 대하여는 국내 특허 출원수를 이용하기로 하였다. 이 과정에서 여러 문제점이 도출되었고, 특히 SCI논문의 학문적 분류와 특허의 상업적 분류가 많이 차이를 보였기에 논리적인 근거를 충분히 확보하지 못하고 무리하게 영역별 분류가 이루어졌다. 아울러 과학이 얼마만큼의 강도로 국가경쟁력에 파급되고, 이러한 과학과 기술의 연계현상이 실제로 국가경쟁력의 향상의 원인이 되었는지 조사하는데 역점을 두기로 하였다.

3.1.2. 연구과제의 도출

3.1.2.1. 과학적 연구성과와 특허의 증가추세

그동안 과학기술에 관한 관심은 지속적으로 증가하였으며¹⁾, 과학기술기반사회의 핵심은 창의적 연구노력과¹⁾ 연구주체들간의 네트워크 활성화¹⁾, 과학과 기술사이의 상호연관성 증가¹⁾ 등을 통한 과학기반기술의 확보, 그리고 이러한 기술을 통한 국가경쟁력의 확보에 있다고 하겠다. Meyer(2000)¹⁾는 기존의 기술혁신의 선형모델이 과학에서 기술로 일반적인 흐름이었던 반면에, 기초연구, 과학, 과학적 성과에 의한 논문 등과 특허로 대표되는 기술사이의 상관관계에 있어서 서로 상호작용하는 모델임을 주장하였다. 그는 오래전부터 과학과 기술사이의 논쟁이 이슈화되었음에도 불구하고 확일적으로 명확화 하기는 힘들다고 주장하였으며, 본 연구에서는 과학

적 연구성과가 기술에 영향을 미친다거나, 기술이 과학을 선행하던지 하는 논쟁보다는 Meyer(2000)의 주장을 검증하기 위해 이 둘 사이에 어떠한 상관관계가 있는지, 또한 양적인 성장이 어떠한 파급효과를 사회에 미치는지 파악하는데 주력할 것이다. 그리고 Boland, M. A.(2002)¹⁾는 분야별 특허 추이를 분석하여 미국과학기술의 방향성과 미래의 과학기술에 대한 관점에서 추세분석을 실시하였다. 그는 그의 연구에서 미국 특허의 경우 국방에 관련한 것과 보건의료 부문에 집중 되어있다고 주장하였으며, 물리학, 공학 등과 과학과 기술의 사회적 관점에서 논의를 전개하였다. 그는 결론에서 과학과 기술의 방향성은 정부정책의 장기적 방향성과 일치되어야 한다고 하였다. 이러한 연구들에 있어서 기본적인 분석의 틀은 시계열분석과 빈도분석이 사용되어왔는데, 깊이 있는 관점의 논의는 불가능하더라도 전반적이고 정량적인 분석이 가능하기 때문에, 본 연구를 진행함에 있어서 SCI논문 발표 횟수와, 특허출원의 시계열적인 정량적 분석을 통하여 SCI논문과 특허의 증가 추세를 살펴보고 의미 있는 결과를 도출하려는 노력을 기울일 것이다. 따라서 과학과 기술에 관한 기존의 연구들을 바탕으로 할 때 다음과 같은 연구과제를 제시할 수 있다.

가설 I	과학적 발견과 특허출원 수는 시계열적으로 증가할 것이다.
------	---------------------------------

3.1.2.2. 산업별 혁신의 강도

한 국가의 자원은 한정되어 있다. 특히 우리나라의 경우 연구자금과 인력의 측면에서 볼 때 선택과 집중의 논리가 매우 강조될 수밖에 없는 것이 현실이다.¹⁾ Kortum. S.,와 Lerner. J.(1999)¹⁾는 1985년 이후로 폭발적으로 증가한 미국의 특허취득 행위의 증가가 어떠한 의미를 가지는지 연구하기 위하여 산업별로 특허 출원수를 비교함으로써 산업별 혁신의 강도를 측정하려고 하였으며, Boland, M. A.(2002)¹⁾는 미국의 특허데이터를 심층적으로 분석하여 국방관련 R&D 지출과 보건위생부문의 R&D에 집중되어있음을 발견하였다. 또한 Hicks. D., Breitzman. T., Olivasto. D., Hamilton. K(2001)¹⁾는 그들의 연구에서 미국의 특허출원이 정보기술과 보건 위생분야의 산업에서 특히 증가하고 있는 현상을 발견하였다. Kortum. S.,와 Lerner. J.(1999)의 연구¹⁾에서는 국의 특허취득활동이 폭발적으로 증가하였는가에 대하여 분석하면서 우선 첫째로, 미국특허취득행위의 갑작스런 증가는 기술기회의 확장에 의하여 이루어졌으며, 둘째로, friendly court 가설의 다른 이형(異形)의 결과에 의해 발생했다고 주장하였다. 이와 같은 선행 연구를 통하여 살펴보면 모든 산업에서 과학과 기술이 연계되어 유기적으로 상호 연관되어 있다고는 볼 수 없으며, 선택과 집중을 통한 전략적인 투자가 이루어진다고 할 수 있을 것이다. 그러므로 본연구에서는 우리나라의 SCI논문 발표수와 특허 데이터를 분석함으로써 학제적 또는 산업별로 혁신의 강도를 측정 할 것이다. 특히 우리나라가 중점적으로 투자하고 있는 6T를 중심으로 SCI논문과 특허출원수 사이의 상관관계를 조사하고, 회귀분석을 실시함으로써 다양한 학제적 영역과 특허분야별 혁신의 강도를 측정하는데 연구의 역량을 집중할 것이다.

따라서 기존의 연구결과를 토대로 하여 다음과 같은 연구과제를 설정할 것이다.

가설 II	학제적 또는 산업별로 혁신의 강도는 차이를 보일 것이다.
-------	---------------------------------

3.1.2.3. IMF와 같은 환경의 변화가 과학과 기술에 미치는 영향

IMF는 우리에게 사회, 경제, 문화적으로 커다란 변화를 주었다. IMF구제금융이 우리 사회에 요구한 것은 크게 6가지 정도인데, 재정 및 금융부문의 긴축, 금융부문의 개혁, 무역자유화, 자본시장의 개방, 노동시장 유연화, 기업경영의 투명성제고 등이다.¹⁾ 이러한 IMF구제금융은 과학기술계에도 커다란 변화를 주었는데, 대다수의 연구주체들이 구조조정이라는 명목하에 연구인력의 감축과 연구개발비의 감소를 단행하였고, 평가에 있어서도 영리를 추구하는 기업과 같은 기준을 가지고 적용시킴으로써 안정적인 연구환경을 제공하지 못한 것 또한 사실이다. 산업부문도 설비투자의 감소 등의 전략을 시행함으로써 R&D부문의 효율성이 크게 저하되었다. Kortum. S.,와 Lerner. J.(1999)¹⁾는 1985년 이후로 폭발적으로 증가한 미국의 특허취득 행위의 증가가 어떠한 의미를 가지는지 미국 USPTO의 데이터를 가지고 실증연구를 실시하였는데, 그들의 연구에서 법적인 환경의 변화에 의한 특허수의 증가를 실증적인 연구를 통하여 발견하였으며, 결국 환경의 변화는 특허의 증가추세와 관련이 있다는 주장을 하였다. Hicks. D., Breitzman. T., Olivasto. D., Hamilton. K(2001)¹⁾는 미국의 특허데이터를 분석하면서 사회의 환경변화가 특허출원수에 어떠한 영향을 미칠 것이며, 결론적으로 정보기술과 보건위생기술은 혁신적인 활동에 있어서 최고 전성기를 맞이하고 있고, 서부해안으로 혁신적 활동의 중심이 이동하고 있다고 하였다. 또한 혁신적인 새로운 기업들과 소기업의 중요성, 거대기업부설연구소의 소멸현상, 대학의 기업가적 활동의 증가와 같은 현상이 발생하고 있다고 주장하였다. 이와 같은 연구결과는 우리에게도 커다란 시사점을 제공하여 주는데, IMF가 어떠한 형태로든 연구개발환경에 영향을 미친 것은 자명한 사실이지만, 실질적인 조사 분석 과정을 거쳐 그 실체를 파악하고, 앞으로의 미래의 상황에 대하여 사전적인 예방을 간구 해야 하는 당위성을 제공하여 줄 것이며, 아울러 이론적 타당성을 제시하여 줄 것이다.

따라서 기존의 연구결과를 토대로 하여 다음과 같은 연구과제를 도출할 수 있을 것이다.

가설 III	IMF구제금융은 SCI논문 발표와 특허출원에 영향을 미칠 것이다.
--------	--------------------------------------

3.1.3 표본의 설계 및 변수의 분류

연구설계에 따라 표본을 추출하는 것은 연구의 성과를 결정하는 중요한 작업이다.¹⁾ 본 연구는 과학과 기술의 연계에 있어서 SCI논문발표수와 특허출원수를 비교함으로써 이들 사이에 어떠한 상관관계가 있는지 조사하는데 목표가 있다. 또한 SCI논문의 증가추세와 특허의 증가추세를 살펴봄으로써 지난 10여 년간 우리나라의 과학기술의 방향성, 그리고 산업정책에 의한 산업기술의 방향을 살펴보는 데에도 주안점을 둘 생각이다. 이를 위하여 KAIST 정보운영팀장 소민호님의 도움을 받아 국내연구원의 SCI논문출원에 관한 데이터를 얻었으며, 이 자료를 연구의 목적에 맞게 1, 2차에 걸쳐 가공을 하였고, 이러한 과정속에서 순수하게 원하는 데이터만을 추출하여, 우리나라 SCI논문의 기간별, 영역별 자료가 작성이 되었다. 또한 특허청의 통계자료를 통하여 국내의 산업별 특허 출원에 관한 자료를 얻을 수가 있었으며, SCI논문의 경우와 마찬가지로 여러 차례의 가공단계를 거쳐 연구에 알맞은 형태로 작성되었다.

<표 2> SCI논문과 특허의 대응적분류체계

특허의 영역별 분류	특허에 대응한 SCI의 학문적 영역
·Machinery(기계),	·Engineering(공학, 기관학)
·Chemicals(화학),	·Chemistry(화학)
·Electric & Telecommunication(전기, 통신),	·Computer Science(컴퓨터과학)
·Civil Engineering & Construction (토목, 건설),	·Ecology/Environment,(생태학, 환경학) ·Geosciences(지구과학)
·Mining & Metal(채광, 금속),	·Materials Science(재료과학)
·Beverage, Medicals & Hygiene(음료, 의약, 위생),	·Biology & Biochemistry(생물학&생화학) ·Clinical Medicine(임상의학) ·Immunology(면역학) ·Microbiology(미생물학) ·Molecular Biology & Genetics(분자생물학 & 유전학) ·Pharmacology(약학)
·Agriculture, Forestry & Marine(농림수산),	·Agricultural Science(농과학) ·Plant & Animal Science(동·식물학)
·Miscellaneous goods(잡화)	·Mathematics(수학) ·Physics(물리학) Space Science(우주과학) ·Neurosciences & Behavior(신경과학, 행동과학)

IV. 실증분석

4.1 연구과제의 검증

4.1.1. SCI논문과 특허¹⁾의 전반적인 추세 분석

SCI논문은 거의 모든 학제적 영역에서 '90년대 이후 지속적인 증가세를 보이고 있으나 일부 영역에서는 특징적인 움직임이 보이고 있다. 대략적으로 1998년과 1999년까지 지속적으로 상승하다가 이후 점차 감소하는 경향을 보이는 분야, 주춤하다가 다시 증가하는 분야, '90년도부터 2001년도까지 계속적으로 상승하는 분야 등으로 나눌 수 있는 것으로 조사되었다. 우선 '98년도와 '99년도 이후로 논문수가 감소한 영역은 농과학 분야, 분자생물학&유전학 분야, 신경과학 & 행동과학 분야, 약학 분야, 동·식물학 분야 등이었으며, 지속적인 증가 추이를 보이는 영역은 화학분야, 임상의학 분야, 컴퓨터과학 분야, 생태학·환경학 분야, 지구과학 분야, 우주과학 분야에서 감소 없이 지속적인 증가를 보이는 것으로 조사되었다. 그리고 나머지 분야에서는 '98, '99, '00년도에 일시적으로 감소하였으나 다시 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 가정에서 밝힌 IMF와 SCI의 논문의 상관관계가 비교적 덜 한 것으로 생각할 수 있으며, 특히 기초과학중에서도 순수기초 분야는 IMF이후에 점차적으로 논문수가 감소한 것으로 나타났다. 2001년도 기준으로 분야의 총 논문수와 국내 논문 수를 비교한 비율을 분석하여 보면 0%대에서 2.0%대, 2.0%~4.0%대, 그리고 그이상의 높은 비율을 가진 학제적 영역으로 구분할 수 있는데 우선 0%~2.0%대의 비교적 낮은 비율을 가진 영역으로는 농과학 분야, 생물학&생화

학 분야, 임상의학 분야, 생태학& 환경학 분야, 지구과학 분야, 면역학 분야, 수학 분야, 미생물학 분야, 분자생물학&유전학 분야, 신경과학&행동과학 분야, 동·식물학 분야, 우주과학 분야인 것으로 나타났으며, 특히 지구과학분야와, 분자생물학 분야, 우주과학 분야의 경우는 1.0% 이하의 비율을 나타내어 상대적으로 타 영역보다 SCI논문의 게재비율이 적은 것으로 나타났으며, 연구성과가 적은 분야로 조사되었다. 2.0%~4.0%의 중간정도의 비율을 가진 영역으로는 화학 분야, 공학·기관학 분야, 약학 분야, 물리학 분야가 있는 것으로 조사되었는데, 물리학 분야는 3.82%로 거의 4%대에 육박하는 수치를 나타내었으며, 공학·기관학 분야의 경우도 3.98%로 상대적으로 높은 비율을 나타내었다. 그리고 마지막으로 4.0% 이상의 높은 비율을 가진 영역으로는 컴퓨터과학 분야, 재료과학 분야가 높은 비율을 가지고 있는 것으로 조사되었고 특히 재료과학 분야의 경우 5.64%로 가장 높은 비율의 값을 가져 연구성과가 높은 것으로 조사되었다.

피인용지수를 학제적 영역별로 분석하여 보면 대부분의 영역에서 2.0%이하의 낮은 피인용율을 보여 논문의 질이 낮은 수준임을 알 수가 있는데, 공학·기관학(2.24%)분야, 재료과학 분야(4.12%), 물리학 분야(2.93%)가 피인용지수에서 높은 비율을 가진 것으로 조사되었다. 피인용지수에서 지구과학 분야와 면역학 분야는 0.42%로 가장 낮은 피인용지수를 기록하여 연구성과의 질적인 측면이 떨어지는 것으로 나타났다. 양적 지표와 질적 지표인 논문 게재 수와 피인용지수를 비교하여 보면 전반적으로 많은 논문이 발표된 영역의 피인용지수 역시 높은 비율을 가지고 있는 것으로 나타났으며, 반대의 경우에 있어서도 같은 현상이 나타나는 것으로 조사되었다.

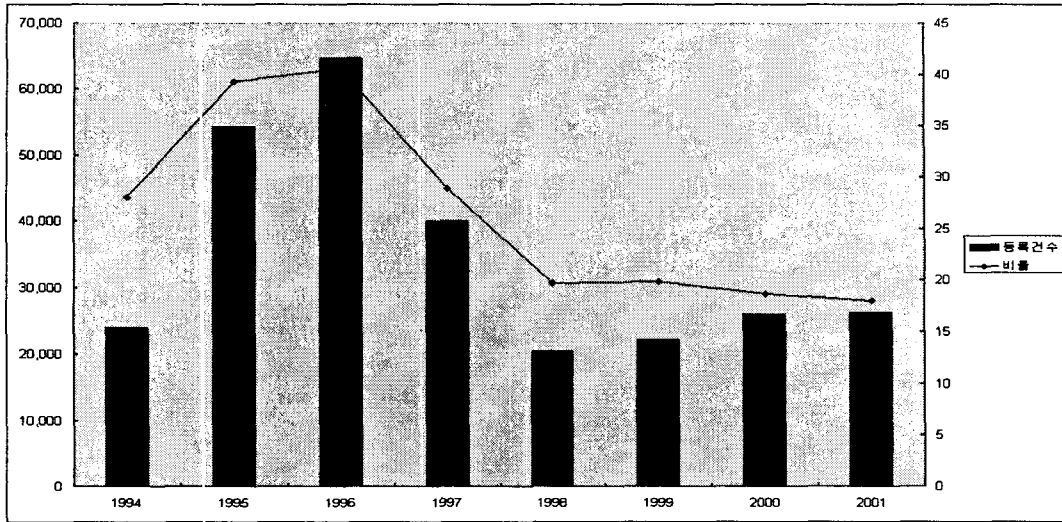
<표 3> 재료과학분야의 연도별 논문수와 인용지수

분야	연도	논문수	분야논문수	비율(1)	인용수	분야 인용수	비율(2)
Materials Science	1990	151	18076	0.84%	1319	153714	0.86%
Materials Science	1991	228	19636	1.16%	1603	153253	1.05%
Materials Science	1992	269	21325	1.26%	1901	163572	1.16%
Materials Science	1993	309	21668	1.43%	1813	145950	1.24%
Materials Science	1994	352	21554	1.63%	2288	135553	1.69%
Materials Science	1995	518	22477	2.30%	2630	126385	2.08%
Materials Science	1996	601	24165	2.49%	2844	121605	2.34%
Materials Science	1997	820	24550	3.34%	3314	97495	3.40%
Materials Science	1998	932	25692	3.63%	2632	80835	3.26%
Materials Science	1999	1172	26952	4.35%	2289	52682	4.34%
Materials Science	2000	1298	26161	4.96%	1200	24491	4.90%
Materials Science	2001	1602	28415	5.64%	167	4050	4.12%

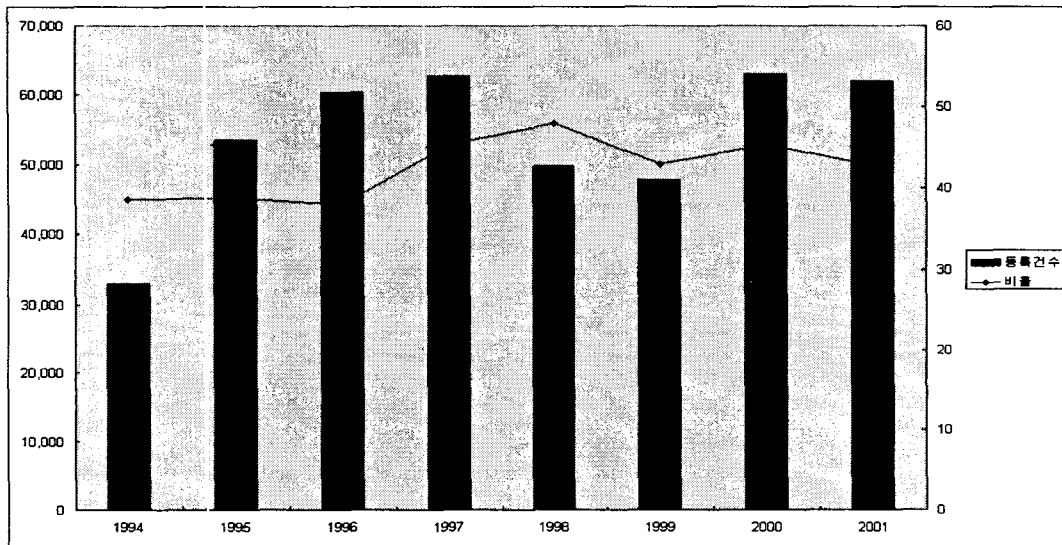
특허의 경우 전통적인 산업인 기계산업의 1996년 이후 급격한 하락추세가 가장 두드러지는 특징으로 나타났으며, 기계산업의 경우 전체 특허 건수에 대한 비율이 '01년 현재 18%인데 이는 '96년의 40.6%에 비하여 약 56%가량 감소한 수치이며, 이는 기계산업의 경쟁력이 하락했음을 의미하는 것으로 해석될 수 있다. 다음으로 전기·통신분야는 '94~'01까지 등락을 거듭하고 있는데, IT분야에 대한 정부의 대폭적인 지원을 바탕으로 40%대의 높은 특허비율을 나타내는 것으로 조사되었다. 그밖의 분야는 10%미만의 비율을 가지고 있으며, 그 변동폭도 크지 않아 꾸준한 추세를 유지하고 있는 곳으로 조사되었다. 특허의 경우 IMF의 영향을 받아 '98년도 이후

에 많은 변화가 있을 것으로 생각되었으나 실질적으로 분석하여 본 결과 IMF와는 아무런 상관관계가 없는 것으로 조사되었으며, 오히려 증가하는 산업분야가 많은 것으로 조사되었다.

<그림 2> 기계분야의 연도별 특허 추이



<그림 3> 전기, 통신분야의 연도별 특허 추이



4.1.2 혁신의 강도 측정

혁신의 강도를 측정하기 위해서 본 연구에서는 SCI논문과 특허사이의 상관관계 분석과 회귀분석을 실시하여 두 변수사이의 방향성과 강도를 측정하였다. 연구자가 본 연구를 통하여 얻을 수 있었던 내용은 매우 의미심장한 결과인데 SCI논문의 Engineering분야와 특허의 Machinery 분야의 상관관계가 -0.496임을 제외하면 모든 분야에서 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 조사되었고, 특히 신뢰수준 99%에서($P < 0.01$) SCI논문의 Computer Science와 특허의 Electric & Telecommunication 상관관계가 0.588임을 제외하면 모든 분야에서 상관관계가 0.85이상 나오는 것으로 조사되었다. 이로서 우리나라의 과학적 연구성과는 산업화로 파급되는 정도가 상당한 것으로 실증조사되었고, BT분야의 임상 의학과 미생물학의 경우 상관관계수 $r=0.98$ 정도 나오는 것으로 측정되어 BT분야의 연

구성과가 상당부분 특허로 연계되는 것으로 조사되었다. 그러나 회귀분석의 경우 독립변수들사이의 상관관계가 높아 다중공선성의 문제가 발생하였고 결국 혁신의 강도를 측정하는데에는 실패하였다.

<표 4> 특허의 영역별 분류와 특허에 대응한 SCI의 학문적 영역 상관관계

특허의 영역별 분류	특허에 대응한 SCI의 학문적 영역	상관관계
·Machinery(기계)	·Engineering(공학, 기관학)	-0.496
·Chemicals(화학)	·Chemistry(화학)	.972**
·Fibers(섬유)		
·Electric & Telecommunication(전기, 통신),	·Computer Science(컴퓨터과학)	0.588
·Civil Engineering & Construction (토목, 건설),	·Ecology/Environment(생태학, 환경학) ·Geosciences(지구과학)	0.859** 0.859**
·Mining & Metal(채광, 금속),	·Materials Science(재료과학)	0.914**
·Beverage, Medicals & Hygiene(음료, 의약, 위생),	·Biology & Biochemistry(생물학&생화학) ·Clinical Medicine(임상의학) ·Immunology(면역학) ·Microbiology(미생물학) ·Molecular Biology & Genetics(분자생물학 & 유전학) ·Pharmacology(약학)	0.937** 0.981** 0.947** 0.979** 0.966** 0.892**
·Office Supplies & Printing(사무용품, 인쇄)		
·Agriculture, Forestry & Marine(농림수산),	·Agricultural Science(농과학) ·Plant & Animal Science(동식물학)	0.959** 0.962**
·Miscellaneous goods(잡화)		

<표 5> BT분야의 독립변수들간의 상관관계

	음료, 의약, 위생, 농수산	생물생화학	임상의학	면역학	미생물학	분자유전	약학	농과학	동식물학
음료, 의약, 위생, 농수산	1.000								
생물생화학	.940**	1.000							
임상의학	.983**	.967**	1.000						
면역학	.958**	.961**	.983**	1.000					
미생물학	.979**	.985**	.978**	.961**	1.000				
분자유전	.970**	.979**	.960**	.954**	.995**	1.000			
약학	.889**	.978**	.927**	.923**	.957**	.946**	1.000		
농과학	.976**	.957**	.999**	.979**	.967**	.945**	.917**	1.000	
동식물학	.977**	.961**	.998**	.983**	.970**	.950**	.920**	.998**	1.000

주1) 신뢰수준은 99%임 (P<0.01)

V. 결론

21세기는 과학을 바탕으로 한 새로운 경제질서의 재편이 이루어지는 시기이다. 과학과 기술의 간격은 미세해졌으며, 디지털이 지배하는 사회 곧 과학기술이 지배하는 사회가 우리의 일상에 투영되어 누구라도 공감할 수 있고, 수감할 수 있는 새로운 패러다임으로 정착하였다. 현재 우리나라의 과학기술경쟁력은 세계 10위 권으로 나타나고 있는데, OECD국가들 중 핀란드, 일본, 스웨덴, 스위스, 미국 등과 함께 높은 R&D 집약도를 보이고 있다. 그러나 현재 상황에서의 문제점은 높은 R&D투자에 비하여 양질의 연구성과를 확보하지 못하는 데에 있다. 그간 정부출연연구소들을 중심으로 하여 국가경쟁력의 근간이 되는 많은 연구성과들이 배출되었지만, 얼마나 많은 연구성과가 실질적으로 사회에 파급되었는지, 산업화 또는 상업화되어 국가의 부 증대에 기여하였는지에 대하여 관대한 관점의 접근을 시도하는 사람은 비교적 드물 것이다.

기초과학의 연구성과는 불특정 다수에게 공유되고, 연구수행기간이 길며 연구투자 후 경제적 성과 도출까지 오랜 시일이 소요되어 투자대비 직접적인 성과의 분석은 곤란하기 때문에 관리상의 문제가 도출될 수 있는데, 이러한 문제점에도 불구하고, 지식기반경제의 핵심생산요소인 지식의 효과적 창출과 선진기술도입으로 인한 국가의 양적 성장이 한계에 봉착함에 따라 과학적인 돌파구가 되는 원천을 규정하고 어느 수준에서 상업화로 이어지는지 분석하는 것은 문제의 본질에 한층 다가서는 의미 있는 일이라고 하겠다. 아울러 이러한 의미의 접근방법은 과학부문의 혁신주체와 산업부문의 혁신주체들 사이의 국가경제력 제고 측면에서도 심도 있게 다루어져야 할 부분이라고 하겠다. 국가의 자원이 한정되어 있고, 아직도 상대적으로 미약한 R&D투자실적 등의 이유에 기인하여 선택과 집중의 논리에 지배되는 우리나라 국가R&D투자 실태를 볼 때, 많은 아쉬움이 남아있지만, 본 연구를 통하여 과학과 기술의 정량적, 정성적인 분석을 실시하고, 둘 사이의 상관관계를 파악함으로써 과학과 기술사이에 그 무엇인가가 있다면, 그것을 도출해내는 것이 본 연구가 시작단계에서부터 고려했던 실질적인 목표였다. 연구의 목표를 달성하기 위하여 국내외에서 얻을 수 있는 다양한 문헌과 선행연구들을 검토하여 이론적 배경을 마련하였으며, 이러한 선행연구를 통하여 I. “과학적 발견과 특허출원 수는 시계열적으로 증가할 것이다.” II. “학제적 또는 산업별로 혁신의 강도는 차이를 보일 것이다.” III. “IMF구제금융은 SCI논문 발표와 특허출원에 영향을 미칠 것이다.”라는 가설을 세우고 연구를 시작하였다. 이러한 가설을 실증적으로 검증하기 위하여 ISI사에서 발표하는 SCI논문의 데이터와 특허청에서 발표하고 있는 ‘특허연감’을 토대로 과학과 기술사이의 연계를 측정할 수 있는 척도를 구성하였고, 변수들을 전문가자문을 통하여 대응관계가 있는 것들로 분류함으로써 실증분석을 가능하게 하였다. 실증분석을 위하여 사용된 툴(tool)은 특허와 SCI논문의 시계열적인 추이분석에 MS-Office사의 Excel 프로그램을 사용하였고, 상관관계분석과 다중회귀분석을 위하여 SPSSwin 10.0 Package를 사용하였다. 우선 실증조사에서 얻어진 의미 있는 분석결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 우리나라 사회 전반에 영향을 미쳤던 IMF(1998)당시의 우리나라 경제성장률이 -6.7%를 기록하였음에도 불구하고, SCI논문의 증가율은 10.33%의 상승을 나타내었다. 그러나 1998년 전후의 증가율을 비교하여 보면 1997년에서 1998년도의 증가율이 19.75%였던 반면에 1998년도에서 1999년도의 증가율이 10.33%로 다소 주춤하던 증가세가, 2000년도에서 20001년도로 넘어

가는 과정에서 17.36%로 다시 증가하는 것으로 조사되었다. 이는 경제성장률만큼 SCI논문게재 수가 감소하지는 않았지만, IMF구제금융 체제로의 환경변화에 다소간 국내연구자들이 영향을 받았던 것으로 이해할 수 있을 것이다.

둘째, 국내 특허출원 수는 1996년을 정점으로 하여 하락하였다가 1998년부터 다시 상승하는 형태를 취하고 있는 것으로 나타났다. 특이할만한 점은 1998년 IMF구제금융상황에서 특허출원의 수가 증가한 것인데, 이는 연구가설을 기각하는 의외의 결과이며, 기업이 위기극복을 위하여 지적재산권을 확보하는데 주력하였고, 국제적으로 지적재산권의 중요성이 부각되면서 지속가능한 경쟁력을 확보하기 위한 수단으로서 특허가 중요한 요소로 작용한 결과로 인하여 얻어진 결과라고 할 수 있다.

셋째, SCI논문은 거의 모든 학제적 영역에서 '90년대 이후 지속적인 증가세를 보이고 있으나, 성장추이를 살펴보면 대략적으로 3가지 형태를 취하는 것으로 조사되었다. 우선 '98년도와 99년도 이후로 논문수가 감소한 영역은 농과학 분야, 분자생물학&유전학 분야, 신경과학&행동과학 분야, 약학 분야, 동·식물학 분야 등이었으며, 계속적인 증가 추이를 보이는 영역은 화학분야, 임상의학 분야, 컴퓨터과학 분야, 생태학·환경학 분야, 지구과학 분야, 우주과학 분야에서 감소 없이 지속적인 증가를 보이는 것으로 조사되었다. 그리고 나머지 분야에서는 '98, '99, '00년도에 일시적으로 감소하였으나 다시 증가하고 있는 것으로 나타났다. 특징적인 것은 기초과학중에서도 순수기초 분야는 IMF이후에 점차적으로 논문수가 감소한 것으로 나타났다.

넷째, 영역별 특허의 추이를 살펴보면 전통적인 산업인 기계산업의 경우 1996년 이후 급격한 하락추세를 보이고 있으며, 전기·통신분야는 '94~'01까지 등락을 거듭하고 있는데, IT분야에 대한 정부의 대폭적인 지원을 바탕으로 40%대의 높은 특허비율을 나타내는 것으로 조사되었다.

다섯째, 상관관계분석 실시결과 Machinery와 Engineering분야 ($r=-0.496$) 및 특허의 Electric & Telecommunication 분야와 Computer Science분야 ($r=0.588$)를 제외하고는 특허와 SCI논문사이에 매우 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 이를 통하여 기초과학의 연구성과가 특허 출원 수에 영향을 미치고 있다는 것을 확인할 수 있었다. Brooks(1994)는 과학과 기술의 관계는 매우 뚜렷한 성격범주를 나타내며, 독립된 요소이지만 반드시 함께 존재하여야만 기능할 수 있다고 주장하고 있는데 이상의 5가지 시사점은 이러한 Brooks의 주장이 국내의 상황에도 적용될 수 있음을 확인하는 좋은 계기가 되었으며, 우리나라가 많이 뒤떨어지고 있는 기초과학에 R&D 예산을 투자해야 하는 당위성을 제시하고 있다고 할 수 있겠다.

본 연구는 기초과학연구성과와 특허사이의 관계를 규명함으로써 과학에 대한 투자가 국가경쟁력의 근간이 되는 과정을 부분적으로 설명하려고 하였으나, 당초 연구자의 의도와는 다르게 이론적 측면과 방법론상에 있어서 다음과 같은 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 첫째, SCI논문과 특허를 서로 대응하는 체계로 분류하는 과정에서 다소 무리한 분류작업이 이루어졌으며, 이러한 상황은 연구의 질을 하락시키는 요인으로 작용하였다. 둘째, 두 변수사이에 어떠한 상관관계가 없더라도 우연의 일치로 인하여 상관관계가 높게나오는 등의 상관관계분석이 가지고 있는 자체적인 오류를 배제할 수 없기 때문에 연구의 결과에 대해서 신뢰성이 떨어지는 결과를 초래하였다. 셋째, 실증적으로 SCI논문과 특허사이의 관계를 알아보는 핵심과정인 회귀분석 과정에서 다중공선성의 문제로 인하여 분석결과가 의미를 가지지 못하고, 혁신의 강도와 영향력정도를 측정하는 데에 실패하여 연구의 질적 하락을 가져오게 되었다. 넷째, 연구가 진행되

는 동안 수립되었던 가설의 일부분이 기각이 되었는데, 앞으로의 연구는 기각된 가설에 대하여 그 원인을 규명하는 등의 연구가 진행되어야 할 것이다.

<참고 문헌>

【국내 문헌】

- 과학기술부(2000), <과학기술연감>, 서울.
- 과학기술부 등(2001), <과학기술기본계획>, 서울.
- 국가과학기술위원회(2000), <2000년도 국가과학기술위원회 안건 및 개최결과>, 서울.
- 국가과학기술위원회(2002), <2001년 국가연구개발사업 조사·분석·평가결과>, 서울.
- 기초과학인력국(1999), <주요국의 기초연구정책 및 행정체계行政體系(案)>, 과학기술부.
- 김성수(1999), <대학연구 지원정책의 현황 및 과제>, 과학기술정책연구원.
- 김승택(2002), <중소기업 R&D 활동이 기업성과에 미치는 영향에 관한 연구>, 세종 대석사학위 논문.
- 김정구(2000), <1999년도 기초연구동향조사 및 전략적 기초연구 지원방향 연구에 관한 연구(상),(하)>, 한국과학재단.
- 김정구(2000), “연구비의 배분현황과 바람직한 투자방향”, 한국과학재단.
- 두산대백과사전.
- 문형철(1999), <기초과학연구성과 홍보 및 확산에 관한 연구>, 한국과학재단.
- 문희화(2000), <기초과학연구결과의 활용촉진방안>, 한국과학재단.
- 문희화(2001), <대학연구결과의 벤처연계 촉진방안>, 한국과학재단.
- 민철구(1999), <기초과학 진흥을 위한 정책방안>, 과학기술정책연구원.
- 민철구, 김기국, 장진규, 조병연(1999), <기초연구예산 투자분석 및 적정규모 산출방안>, STEPI
- 설성수(2001), <과학을 기반으로 한 산업의 현황과 발전가능성 모색>, 한국과학재단.
- 설성수, 송충한(1999), <기초과학연구의 분야분류체계 개발 연구>, 한국과학재단.
- 신국조(1998), <기초과학연구사업의 평가 및 향후 발전방향에 관한 연구>, 한국과학재단.
- 신태영, 윤문섭, 오재건, 이재억, 송위진, 이민형(1999), <1998년도 연구개발 활동의 동향과 전망 : 연구개발 활동 구조조정의 실태와 대책>, 과학기술정책연구원.
- 왕창근(1996), <그린라운드 대비 기초과학기술 육성방안>, 한국과학재단.
- 이계준(2001), <기초연구 중장기 발전계획 수립에 관한 연구>, 한국과학재단.
- 이군현(1995), <과학기술의 대중화를 위한 개념모형 개발과 정책방안 탐색연구>, 과학기술정책연구원.
- 이석규(1995), <신 재무관리론>, 석정.
- 이석희(2001), “기초학문의 육성과 국가경쟁력”, 중앙행정학연구회 하계세미나 발표 논문, 2001. 8.17
- 이연오(1999), <21세기 과학기술정책의 부문별 과제>, 과학기술정책연구원.
- 이원영, 박용태, 정선양(2001), <한국 기술경쟁력의 평가와 전망>, 과학기술정책연구원, 서울.
- 이장재(1997), <대학연구의 현황과 미래>, 과학기술정책연구원.
- 임양택(1998), <기술혁신의 산업조직론적 특성에 관한연구>, 한국경제연구원.
- 임종건(2001), <주요국의 기초연구지원사업 평가체계 조사연구>, 한국과학재단.
- 정상기(1999), <기초과학연구지원사업 결과물의 지적재산권 관리방안에 관한 연구>, 한국과학재단.
- 정선양(1996), “기초연구 진흥정책의 새로운 방향”, <한국정책학회보> '96 제 1 호, 한국정책학회.
- 정선양(1999), <독일의 과학기술체제와 정책>, 과학기술정책연구원. 서울.

정선양(2001), <정부출연(연)의 역할과 연합이사회 운영 개선방안>, 국가과학기술자문회의.

정선양(2002), <주요국의 기초과학지원 정책>, 한국과학재단.

정선양(2003), <연구회 체제개선방안>, 국무조정실.

정선양, Meyer-Krahmer, F. (1995), <국가의 고유한 특성이 신 생산기술정책에 미치는 영향에 관한 연구: 한국과 독일의 경험을 중심으로>, 과학기술정책관리연구소.

조성표(1998), <기초과학 연구사업 연구비의 효율적인 관리방안에 관한 연구>, 한국과학재단.

채서일(1995), <사회과학조사 방법론>, 학원사, 251쪽.

최기련(2002), <프랑스 연구개발체제의 운영구조와 전략연구>, 과학기술정책연구원.

최기련(2002), <과학기술정책 포럼; 프랑스 공공 연구개발 정책 현황>, STEPI.

최영식(1999), <미국의 과학기술체제와 정책>, 과학기술정책연구원.

한국과학기술기획평가원(2002), <국가연구개발사업 조사·분석 주요통계>, 4월.

한국과학재단(2001), <기초과학연구의 효율적 투자방안에 관한 공청회>.

한국과학재단(2000), <2000년 기초연구동향조사 및 분야별 연구비 배분방안 연구>, 한국과학재단.

한국과학재단(1991), <기초연구지원효과 조사보고서>.

현원복(2001), “미·EU·일·중 첨단분야 연구비 대폭 증액 : IT, BT, NT, ET 등 4T 개발에 총력”, <과학과 기술>, 제 34권, 12호, 44-49쪽.

홍재훈(1999), <목적기초(특정기초) 연구지원사업의 개념 및 수행방식 정립에 대한 조사 연구>과학재단.

황용수 외(2002), <선진국 공공연구기관의 중점연구영역 및 운영체제>, 과학기술정책연구원.

황용수, 이찬구(2002), <영국 연구회(Research Councils)의 현황 및 향후 발전방향>, 과학기술정책연구원.

【해외 문헌】

AAAS(2001), *Historical Data on Federal R&D, FY 1976-2002* (Revised in July 2001).

AAAS(2002), *AAAS Report XXVII: Research and Development FY2003*.

Arundel, A. (2001), "The Relative Effectiveness of Patent and Secrecy for Appropriation", *Research Policy*, No. 30, pp. 611-624.

Babbie, E. (2001), *The Practices of Social Research*, ninth edition, Harvard Business School Press, Boston.

Bernard, C. A. (2001), "Science and knowledge flow: evidence from the french case", *Research Policy*, Vol. 30, pp. 1069-1078.

Berman, E. M. and Khalil, T.(1992), "Technological Competitiveness in the Global Economy: A Survey", *International Journal of Technology Management*, Vol. 7, Nos. 4/5, pp. 347-358.

Betz, F. (1998), *Managing Technological Innovation: Competitive Advantage from Change*, John Wiley & Sons, New York.

Bhalla, S. K. (1987), *The Effective Management of Technology*, Batelle Press, Columbus.

Bordogna, J. (1997), "Innovation and Creative Transformation in the Knowledge Age: Critical Trajectories", Plenary session Presentation, PICMET

Brooks, H. (1994), "The Relationship Between Science and Technology", *Research Policy*, No. 23, pp. 477-486.

Bush, V. (1946), *Science : The Endless Frontier*, U.S. Congress, Joint Committee on Science Policy, Library of Congress, Washington D.C.

Cantner, U., Pyka, A. (2001), "Classifying Technology Policy from Evolutionary Perspective",

- Research Policy*, Vol. 30, pp. 759-775.
- Chandler, A. D. (1962), *Strategy and Structure*, MIT Press, Cambridge.
- Chesnais, F. (1993), "The French National System of Innovation", Nelson, R. R. (Ed.), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University, New York, Oxford, pp. 192-229.
- Chopyak, J. and Levesque, P. (2002), "Public Participation in Science and Technology Decision Making", *Technology in Society*, Vol. 24, pp. 155-166.
- DTI/OST (2000), *Science and Innovation White Paper: Excellence and Opportunity - A Science and Innovation Policy for the 21st Century*, London.
- Forbes, N. and Wield, D. (2000), "Managing E&D in Technology-Followers", *Research Policy* Vol. 29, pp. 1095-1109.
- Freeman, C.(1996), "The Greening of Technology and Models of Innovation", *Technology Forecasting and Social Change*, No. 53, pp. 27-39.
- Gaynor, G. I. (Ed.), *Handbook of Technology Management*, McGraw-Hill, New York.
- Hicks, D., Breitzman, T., Olivasto, D. and Hamilton, K. (2001), "The Changing Composition of Innovative Activity in the US -A Portrait Based on Patent Analysis", *Research Policy*, No. 30, pp. 681-703.
- Kaufmann, A., Todtling, F. (2001), "Science-Industry Interaction in the Process of Innovation: The Importance of Boundary-Crossing between Systems", *Research Policy*, Vol. 30, pp. 791-804.
- Khalil, T. (2000), *Management of Technology: The Key to Competitiveness and Wealth Creation*, McGraw Hill, Boston.
- Klein, S. J. and Rosenberg, N. (1986), "An Overview of Innovation", in: Landau, R. and Rosenberg, N. (Eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academy Press, Washington D.C., pp. 275-305
- Klevorick, A. K., Levin, R. C., Nelson, R. R., Winter, S. G. (1995), "On the Sources and Significance of InterIndustry Differences in Technological Opportunities", *Research Policy*, Vol. 24, pp. 185-205.
- Kortum, S. and Lerner, J. (1999), "What is the Recent Surge in Patenting?", *Research Policy*, No. 28, pp. 1-22.
- Krahmer, F. M., Reger, G. (1999), "New Perspectives on the Innovation Strategies of Multinational Enterprises: lessons for Technology Policy in Europe", *Research Policy*, Vol. 28, pp. 751-776.
- Kuhn, T. S. (1962), *The Structure of Scientific Revolution*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Kumar, S. S. (2000), "Components of Science-Based Innovation Measurements and Their Links to Public Policy", *Technology Forecasting and Social Change*, Vol. 64, pp. 261-269.
- Martin, M. J. (1994), *Managing Innovation and Entrepreneurship in the Technology Firms*, Wiley Interscience, New York.
- McMillan, G. S., Narin, F., Deeds, D, L. (2000), " Analysis of the Critical Role of Public Science in Innovation: the Case of Biotechnology", *Research Policy*, Vol. 29, pp. 1-8.
- Merten, U. and Ryu, S. M. (1982), "What Does the R&D Function Actually Accomplish?" *Harvard Business Review*, July-August.
- Meyer, M.(2000), "Dose Science Push Technology? Patents Citing Scientific Literature", *Research Policy*, Vol. 29, pp. 409-434.
- Miller, W. L. and Morris, L. (1999), *4th Generation R&D: Managing Knowledge, Technology*,

- and *Innovation*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Mitchell, G. R. (1992), "The Challenging Agenda for Research Management", *Research Technology Management*, September–October, pp. 13–21.
- Narin, F., Hamilton, K. S., and Olivastro, D. (1997) "The Increasing Linkage between U.S. Technology and Public Science", *Research Policy*, Vol. 26, pp. 317–330.
- National Archives and Records Administration(2000), *The United States Government Manual 2000/2001*.
- Nelson, R. (1996), *Sources of Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Nelson, R. and Romer, P. (1996), "Science, Economic Growth, and Public Policy," In: Smith, B. L., Barfield, C. E., *Technology, R&D, and the economy* Washington: The Brookings Institution.
- Nelson, R. and Rosenberg, N. (1993), "Technical Innovation and National Systems," In: Nelson, R. (ed.). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University, New York, Oxford, pp. 3–21.
- OECD(1999), *Online–Main Science and Technology Indicators*.
- OST(1993), *Realising Our Potential–A Strategy for Science, Engineering and Technology*, London.
- Pavitt, K. (1998), "The Social Shape of the National Science Base", *Research Policy*, Vol. 27, pp. 793–805.
- Pavitt, K. (1991), "What Makes Basic Research Economically Useful?", *Research Policy*, Vol. 20 pp. 109–119.
- Petro, O. and Horizonte, B. (2001), *Cross-over, Thresholds, and Interactions between Science and Technology*.
- Prahalad, C. K. and Hamel, G. (1990), "The Core Competence of the Corporation", *Harvard Business Review*, May–June, pp. 79–91.
- Roobeek, A. J. M. (1990), *Beyond Technology Race*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Rosenberg, N., (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rosenberg, N. (1990), "Why Do Firm Basic Research with Their Own Money", *Research Policy*, Vol. 19, pp. 165–174.
- Rothwell, R. (1992), "Successful Industrial Innovation: Critical Success Factors for the 1990s", *R&D Management*, 22(3), pp. 221–239.
- Roussel, P. A., Saad, K. N., Erickson, T. J. (1991), *Third Generation R&D: Managing the Link to Corporate Strategy*, Harvard Business School Press, Boston.
- Rubenstein, A. H. (1989), *Managing Technology in the Decentralized Firm*, John Wiley & Sons, New York.
- Schmitt, R. W. (1985), "Successful Corporate R&D", *Harvard Business Review*, May–June.
- Stevens, G. A. and Burley, J.(1997), "3,000 Raw Ideas = 1 Commercial Success!", *Research Technology Management*, May–June.
- Tassey, G.(1991), *Technology Infrastructure and Competitive Position*, Kluwer Academic Publisher, p. 5.
- Tidd, J., Bessant, J. and Pavitt, K. (2001), *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*, 2nd Edition, John Wiley & Sons.
- Wheelen, T. L. and Hunger, D. (2002), *Strategic Management and Business Policy*, 8th Edition, Prentice Hall, New Jersey