

우리나라 기술혁신의 과학지식 연계특성 분석

박현우* · 신동구**

I. 서론

과학연구 활동과 기술혁신 활동의 연계관계가 강화됨에 따라 이들간의 관계가 어떤 형태를 띠는지에 대해 연구가 본격적으로 이루어지게 되었다. 특히, 경제적 관련성이 높은 많은 첨단기술 영역에서 과학의 중요성이 강조되고 있음에도 불구하고, 기술혁신의 과학지식 연계성에 관한 통계는 극히 제한적인 수준에 불과하다. 이러한 현실에 대하여 본 논문에서는 과학과 기술 간의 연계 관계를 정량화하는 지표를 어떻게 설정할 수 있을 것인가에 대한 문제를 검토함으로써 이에 대한 해답의 실마리를 찾고자 한다. 여기에서는 혁신능력과 과학-기술 인터페이스에 관한 개념들이 핵심이 되는데, 이들 개념은 비교통계를 생산하기 위한 가능성과 한계들을 명확히 하기 위해 다양한 실증적 연구와 정량적 지표들을 정리하는데 사용된다.

과학지식이 기술혁신에 실질적으로 기여하고 있다는 사실에도 불구하고 이들의 기여도 범위 및 특징을 측정하는 방식의 발전은 거의 이루어지 못하고 있다. 이는 다량의 암묵지와 형식지의 흐름이 다양하게 발생하며, 이를 망라적으로 식별하여 설명하기가 어렵고, 또한 과학적 진보가 신기술의 발명으로 응용되기까지 지식이 흐르는 데 많은 시간이 소요되기 때문일 것이다. 과학에서 기술로의 지식흐름을 추적하는 가장 분명한 방법은 특허에 인용된 과학논문을 분석하는 것이다 (Schmoch, 1993).

본 논문에서는 우선 과학지식의 기술혁신 연계관계에 관한 연구동향을 몇 가지 관점에서 정리하고, 이어서 기술혁신 과정에 있어서 과학과 기술 간의 상호작용 또는 지식흐름이 어떠한 역할을 하는지를 검토한다. 다음으로 과학과 기술의 지식흐름을 통한 기술혁신의 측정을 위한 통계적 방법과 양적 지표들을 검토하고 지식흐름에 있어서 인적요인의 역할을 고찰하고자 한다. 그리고 한국인의 미국특허청 등록특허를 통해 한국의 기술혁신이 기반하고 있는 과학지식의 특성을 분야별로 분석한다. 이를 위해 미국특허청에 등록된 한국인 특허를 대상으로 이들 특허 표제면에 수록되어 있는 비특허문헌 중 과학논문에 대한 정보를 추출한 후 기술혁신 분야와 주체별로 과학지식 연계정도와 인용된 과학지식의 최신성을 규명한다. 끝으로, 예측가능한 미래에 이루어질 새로운 발전을 향한 관점에서 결론이 도출하고자 한다. 이는 지역혁신 시스템 혹은 국가혁신 시스템이라는 맥락에서 과학연구와 기술개발 사이의 관계에 대한 복잡하고 역동적인 네트워크들을 설명하고 평가하기 위한 특허에 기반을 둔, 그리고 발명자에 기반한 통계의 디자인과 활용을 위한 새로운 방향을 제안하게 될 것이다.

II. 기술혁신과 과학지식 연계관계 연구의 배경

1. 기술혁신과 과학지식 연계관계 연구의 관점

과학논문과 특허 간의 지식흐름을 통한 기술혁신과 과학지식 연계관계는 기술혁신의 분야, 기술혁신의 주체, 기술혁신의 속도 등의 관점에서 검토될 수 있다.

* 한국과학기술정보연구원 정보분석본부 책임연구원, e-mail: hpark@kisti.re.kr

** 한국과학기술정보연구원 정보유통본부 선임연구원, e-mail: lovesin@kisti.re.kr

1) 기술혁신의 분야

지식의 생산으로부터 활용에 이르기까지 지식흐름의 패턴을 발견하기 위해 기술혁신 성과인 특허에 수록된 기술분야를 대상으로 연구가 이루어졌다. 과학과 기술혁신 간의 지식흐름을 측정하고자 하는 대부분의 연구는 학문분야와 기술분야간 상호작용이 발생하는 영역을 발견하고 상호작용이 발생하는 정도를 측정하는 데 중점을 두고 있다. 그리고 학문분야와 기술분야 간의 지식흐름을 측정하기 위한 분석단위로 분류코드를 사용하고 있다. 과학의 대리변수로 SCI DB에 수록된 과학논문을 이용하듯이, 학문분야를 측정할 때 SCI DB의 학문분야를 분석단위로 활용하고 있다. SCI 과학논문이 주로 이용되는 이유는 특허에 인용된 과학논문을 추출하는 데 수작업으로 처리해야 하는 부분이 많고 인력과 비용이 많이 소요되기 때문이다.

특허의 기술분야는 특허의 표제면에 기술되는 국제특허분류(IPC)나 각국의 특허분류표에 의해 표현된다. IPC는 국제적으로 통용되는 표준화된 기술분류체계이므로 각국의 특허간 지식흐름을 파악할 때 유용하며, 과학논문과 특정 특허가 분류된 기술을 연결짓는 데 사용된다. 현재 모든 국가의 특허에 공통적으로 부여되는 국제특허분류 제8판은 섹션 8개, 클래스 118개, 서브클래스 640개, 서브그룹 68,727여 건의 코드로 구성되며, 서로 상이한 계층구조를 가지고 있다. 기술분야의 지식흐름을 측정할 때 IPC 서브클래스에 해당하는 IPC 코드 4자리를 주로 사용하는데, 이는 IPC 6자리 또는 IPC 8자리를 사용할 경우 과학기술 연계구조의 복잡성이 지수함수적으로 증가할 수 있기 때문이다(Verbeek et al., 2002).

따라서 유럽연합(EU)은 학문분야와 기술분야간 상호작용을 측정하기 위해 IPC 코드에 기반하여 기술 위주로 30개 분야로 재분류하여 OST/INPI/ISI 기술분류표를 개발하였다(OECD, 1994). 이 특허기술분류표는 EU의 지원 아래 프랑스 과학기술통계국(OST)과 프랑스 특허청(INPI), 독일의 프라운호퍼 ISI(FhG-ISI)에 의해 개발되었으며, 전기전자, 도구 및 장치, 화학 및 바이오기술, 제조공정, 기계류, 소비재 등의 6개 분야로 크게 구분된다.

2) 기술혁신의 주체

기술혁신의 주체인 인적요소에 의한 지식흐름은 과학논문 상호간, 특허 상호간 또는 과학논문과 특허간의 인용관계를 통해 가시화될 수 있다. 특허데이터를 이용하여 발명자 수준에서 과학 지식과 기술혁신 간의 지식흐름을 파악할 수 있다. 발명자 또는 출원기관이 지니고 있는 배경은 과학논문과 특허 간의 지식흐름에 영향을 미친다. 발명자의 배경이 대학과 같은 학계에 속한 연구자인지 아니면 산업계에 속한 연구자인지에 따라 특허활동의 패턴은 달라진다. 대학이 출원한 특허는 기업이나 개인이 출원한 특허보다 과학논문을 더 많이 인용하는 경향이 있다. Meyer(2002)에 따르면 대학 연구자는 기업 연구소에 근무하는 연구자보다 과학논문을 더 많이 인용하였다. 반면에 기업 연구소에 근무하는 연구자들은 과학논문보다 특허를 더 많이 인용하였다.

발명자 소속기관의 유형 이외에 출원기관의 규모도 특허에서의 과학논문 인용에 영향을 미친다. 출원기관이 대기업, 중소기업, 연구소 중 어느 곳인지에 따라 특허에서의 과학논문 인용빈도가 달라진다. 또한 대기업 소속 발명자의 경우 소규모 기업에 소속된 연구자보다 많은 연구개발 활동을 수행하며, 산업에 기반한 기초연구를 많이 수행한다. 이에 따라 대기업에서는 논문발표가 많이 이루어지며, 학술연구와 긴밀한 관계를 유지한다(Pavitt, 1998; Meyer, 2000a).

지식흐름을 매개하는 주체인 발명자 또는 출원기관에 의해 지식흐름이 발생하는 경우는 다음과 같다(Meyer, 2002). 첫째, 연구자가 학계와 산업계에서 적극적인 활동을 보임으로써 개인단위에서 긴밀한 과학-기술간 지식흐름이 발생한다. 둘째, 대학의 산·학 연구기관에 소속된 박사과정 학생을 통해 지식흐름이 발생한다. 동일 주제분야에 종사하는 이들은 업무를 통해 박사학위 논문이라는 학문적 성과와 특허라는 기술적 성과를 동시에 얻게 된다. 셋째, 특허활동과 과학활동에 적

극적인 공공연구기관에 의해 지식흐름이 발생한다. 넷째, 기업에 소속된 과학자가 연구개발 결과로서 과학논문과 특허를 모두 산출함으로써 과학과 기술 간에 지식흐름이 발생한다.

지식생산자인 연구자를 통해 이루어지는 지식흐름은 공동협력을 통해서도 발생한다. 산업계 연구자들이 발표한 과학논문 중 44~56%가 대학내 연구자와 공동으로 수행된 것이었다(Meyer, 2002). 기업은 내부 연구자들의 생산성 증진을 위해 외부기관과 협력하기를 원하며, 대학이나 공공 연구기관과 공동으로 수행한 연구결과로부터 지식재산권을 획득하기를 원한다(Gittelman and Kogut, 2003). 이러한 측면에서 기업내 과학자들은 과학적 발견과 기술적 혁신이라는 두 세계의 교량역할을 하면서 기업이 특허를 생산하도록 한다.

3) 기술혁신의 속도

과학적 지식이 신기술 발명이라는 기술혁신에 응용되기까지 지식이 흐르는 데는 많은 시간이 소요된다. 그리고 지식흐름의 발생빈도와 속도는 시간과 공간에 따라 달라진다.

보통 특허가 가장 많이 인용되기까지는 등록된 이후 5년 이상이 소요된다. 일반적으로 70% 이상의 특허가 전혀 인용되지 않거나 1~2회 인용될 뿐이다. 다른 특허에 의한 인용빈도가 높은 특허 중 상위를 차지하는 특허는 5회 정도 인용된 것이며, 소수의 특허만이 집중적으로 인용되고 있다. 6회 이상 인용되는 특허는 전체 특허 중 최다 인용특허 10% 이내에 해당된다(Karki, 1997).

유럽특허의 경우 50% 이상의 특허가 최소한 3년전 특허를 인용하고 있는 것으로 나타났다(Breschi, Lissoni and Malerba, 2003). 반면 미국특허의 경우 인용특허와 피인용특허간 인용시차가 유럽특허보다 훨씬 큰 것으로 나타났다. 미국특허의 경우 등록특허에 선행기술로 인용된 특허 중 50% 이상이 평균 10년 전의 특허임이 발견되었다. 그러나 특허가 다른 특허에 의해 받게 되는 인용빈도는 시간이 지남에 따라 안정화되어 갔다(Hall, Jaffe and Trajtenberg, 2001).

지식흐름의 속도에 관한 연구는 주로 특허와 특허 간의 인용시차를 대상으로 이루어졌으며, 특허와 과학논문간 인용시차를 측정하는 연구는 아직 소수에 불과하다. Narin et al.(1997)이 바이오 기술 분야의 특허와 생명공학 분야의 과학논문간 인용시차를 측정하는 바에 따르면, 바이오기술과 관련된 특허의 경우 과학논문에 대한 인용시차가 과학논문과 과학논문 간의 인용에서 소요되는 시간만큼이나 짧았다. 의약품 및 의료관련 특허의 경우 특허 등록시점으로부터 4~6년 전에 발표된 논문을 가장 많이 인용하고 있었으며, 이것은 생의학 분야의 과학논문에서 발생하는 논문간 인용시차보다 1~2년 정도 느린 것이었다.

2. 기술혁신과 과학-기술 상호작용의 역할

1) 과학연구와 기술개발의 상호작용

기술혁신은 지식기반경제에서 경제발전의 주요 원동력이 되어 왔으며, 지식기반경제의 성장, 생산성 제고, 그리고 경쟁력 확보는 개선된 신기술과 공정, 신제품, 맞춤형 서비스 등에 더욱 더 기반을 두게 되었다. 기존의 지식을 변경하거나 개선하는 급진적 신지식의 창조, 또는 다른 지식의 모방은 경제발전의 중심이 되어 왔다. 새로운 발견, 최선의 정보수집 방법, 또는 성공적인 문제 해결 방식이 흔히 이러한 혁신의 핵심에 자리잡고 있다. 혁신적인 활동은 지식창조 과정과 창의성, 노하우, 인간의 지적 능력 및 경험과 같은 무형자산에 크게 의존하고 있다. 산업화시대 초기에 원자재가 중요한 자원이었듯이 오늘날에는 이러한 무형자산이 가장 귀중한 자원이 되었다. 심지어 산업화 시대에도 경제적 자산으로서 과학적 지식의 실용주의적 가치가 분명하게 인정되었다. 사실 과학적 연구 및 공학은 기술개발 및 발명에 지대한 영향을 미치는데, 이는 여러 실증연구에 의해 입증된 사실이다(Salter and Martin, 2001; Cohen et al., 2002). 연구개발(R&D)을 활발히 수행하는 개

인과 조직 사이의 지식창조와 지식흐름의 효과성이 선진경제에서 매우 중요한 경쟁요인이 되어 왔다. 고급 R&D 인력, 특히 경제와 관련된 전략적 분야의 과학적 연구의 일선에서 활동하고 있는 사람들은 미래 번영의 주요 원천으로 간주되고 있다.

그러나 ‘하류’ 부문인 기술적 발명과 관련 기술혁신에 대한 ‘상류’ 부문인 R&D의 효과는 시간적으로 지체를 보이며, 간접적이고 부분적인 경향을 나타낸다(Adams, 1990). 더욱이, 비록 최근의 과학사회학 이론에 따르면 현대과학이 경제적 요구를 충족시키는 방향으로 구조적 변화의 신호를 보내는 방식으로 사회의 다른 분야들과 점점 더 연결되고 있는 경향을 보이고 있기는 하지만, 생산성 향상과 경제적 후생증대를 달성하도록 하는 데 직접적으로 기여하는 활동을 하는 일은 지식생산 분야에서 활동하고 있으며, 특히 기초연구를 수행하고 있는 공공 연구기관들의 주요 임무로 간주되고 있지는 않다.

한편, 과학활동을 수행하고 새로운 파트너십을 모색하며 책무성을 다하고 더욱 다양해진 연구 개발자금을 배분하는 새로운 방식들이 최근 들어 점진적으로 등장하게 되었다. 특히, 개별 연구자에 의한 연구보다는 연구팀을 강조하고, 단일의 학문분야보다는 학제적 연구를 중시하며, 사회적 요구나 경제적 관심에서 분리된 상아탑 연구보다는 산업과의 긴밀한 파트너 관계를 강조하는 새로운 형태의 과학활동을 나타내는 ‘모드 2’(Mode 2) 과학이라는 개념이 Gibbons et al.(1994)에 의해 소개되었다. 모드 2 모델에 따르면, 과학은 이론적 측면보다는 기술적 측면을 강조하는 방향으로 점진적으로 발전하고 있다. Etzkowitz and Leydesdorff(2000)가 제시한 삼중나선 이론(Triple Helix theory)이 같은 맥락에서 발전되고 있지만, 두 개의 나선을 형성하고 있는 대학 및 산업과 더불어 정부의 역할을 강조하고 있다.

2) 과학기술 지식흐름과 혁신능력

과학-기술 인터페이스 분야의 새롭고 흥미로운 발전이 나노기술과 같이 상이한 지식과학 영역 및 기술분야의 교차점에서 출현되고 진전되고 있으며, 종종 R&D 전문지식의 통합과 조직, 분야 또는 국가의 경계를 넘는 연구자의 협력에 의해 촉진되고 있다. 후자의 경우, 공공·민간의 공저 과학간행물, 특히 산업계와 학계의 연구자에 의해 공동으로 저술되어 국제적인 과학·기술 저널들에 실린 연구논문들의 세계적 추세에 대한 최근의 분석에 따르면, 실제로 1990년대 중후반부터 협력연구가 현저하게 증가하였다. 이러한 경향은 산업관련 연구와 민간부문 파트너와의 공동 지식창출에 대한 학계의 관심증가를 반영한다.

오늘날 많은 국가들이 R&D 협력과 지식의 이전을 적극적으로 장려하고 있는데, 이는 특히 신제품 또는 신공정 지향적인 기술의 개발을 가져오거나, 심지어 새로운 R&D 기반의 기술기업의 창설을 이끌 ‘혁신역량’을 강화하는 것을 목표로 하는 것이다. 혁신역량을 결정하는 요인들로는 인적자원·암묵지·창의성, 형식지, R&D 투자와 설비, 기업환경과 여건, 지식재산권 법령과 규정 등이 있다. 이들 혁신역량의 주요 결정요소는 기술잠재력과 혁신잠재력을 형성하는 R&D 과정에 기여하는 내적(지식관련) 요인과 외적(프레임워크) 요인으로 구분할 수 있으며, 이들 요소는 서로 연관성을 가지고 있다. 혁신역량의 폭넓고도 다소 모호한 개념은 특정 기업, 산업, 지역 또는 국가의 기술적 리더십과 혁신 잠재력에 대한 중요한 통찰력을 제공해준다. 이들 각각의 결정요소에 대한 이들 주체의 성과를 측정함으로써 경쟁상의 강점과 약점에 관한 귀중한 시사점을 얻을 수 있고, 새로운 기술의 잠재적 원천으로서 어떤 위치에 있는지를 알 수 있다. 기업의 혁신역량 향상은 R&D에 대한 더 많은 자원의 할당, 선도적 연구의 장려, 다른 기업들과의 협력연구 수행, 또는 연구 이외의 업무에 대한 아웃소싱 등과 같은 요인들에 달려 있다. 그리고 한편으로는 R&D 프로그램과 기술이전 메커니즘을 지원하고, 교육·훈련 시설을 개선함으로써 하부구조 여건을 향상시키고 인적능력을 강화하기 위한 공공부문의 정책들이 고안될 수 있다.

기술혁신 시스템 내에서 R&D에 기반한 혁신잠재력을 조성하고 유지하는데 있어 암묵적인 인

적자원뿐만 아니라 코드화된 지식 등 양자 모두의 역할과 기여도의 변화를 기록하고 감시하기 위한 진단지표에 대한 양적 모델링과 개발을 위해 이러한 개념을 활용하는 것이 또한 도움이 된다. 이러한 시스템에서는 노드와 흐름이 모두 중요한데, 이는 그 시스템 내의 행위자 사이에 흡수 및 학습 능력과 결합된 지식의 확산 프로세스가 그 시스템의 분배력과 효과성을 결정하기 때문이다. 또한 이러한 시스템적 관점은 포괄적인 통계분석에 대한 시사점을 가지고 있는데, 이는 기술혁신을 위해 과학에 기반한 지식을 생산하고 그 지식을 활용하는 것이 R&D를 수행하는 행위자의 위치, 즉 공공연구 부문 또는 민간부문에 관계없이 전체 시스템의 성과를 위해 중요하기 때문이다.

III. 과학기술 지식흐름과 기술혁신의 측정

1. 과학기술 형식지 흐름의 특징과 측정

여기서는 과학과 기술의 지식흐름을 통한 기술혁신의 측정을 위한 통계적 방법과 양적 지표들을 검토한다. 연구논문은 과학적 진보를 나타내는 데 대하여, 특허는 기술개발을 대표하고, 따라서 특정의 기술분야에서 R&D 기반의 혁신잠재력을 밝히기 위한 좋은 대리변수이다. 그 두 가지 형태의 문서에 포함된 서지 데이터를 사용하면 기업 연구논문, 공공과 민간 부문의 공저 연구논문, 기업 연구논문의 공공 연구논문 인용, 특허의 연구논문 인용, 공공연구기관 연구자 생산 특허, 연구논문 발표 발명자 등의 정보를 확인할 수 있으며, 이는 과학지식과 기술혁신 연계의 다양한 측면을 측정하고 평가하는데 활용할 수 있다.

1) 과학기술 형식지 흐름의 특징

연구논문과 특허에 수록된 참고문헌 목록은 지식재산권을 구체화하고 서술하기 위해 관계되거나 과학지식 기반 및 당해분야의 선행기술을 묘사하기 위한 문서자료를 포함한다. 따라서, 이러한 참고문헌은 특허와 인용된 원천 사이의 연계를 반영하는데, 이는 당해 형식지의 확산과 흡수에 관한 상세한 경험적 정보를 제공한다. 커뮤니케이션 과정에 대한 이러한 지식흐름 접근법은 하나의 문서가 다른 문서를 언급하는 다양한 인용지표를 포함한다. 인용유형에는 ① 논문의 논문인용, ② 특허의 특허인용, ③ 특허의 논문인용, 그리고 흔한 경우는 아니지만, ④ 논문의 특허인용 등이 있다. 과학과 기술 간의 상호작용을 나타내는 ③과 ④의 인용관계에 관한 분석은 지역, 연구기관, 학문분야 등 각 분야의 영역내 또는 영역간 지식흐름의 원천, 방향, 강도 및 이용자 등의 측면에서 인터페이스 상의 지식흐름에 관한 양적인 정보를 제공한다.

지금까지, 대부분의 이러한 인용흐름 연구는 과학논문인용색인(SCI) 데이터베이스 또는 Web of Science와 미국 특허청(USPTO) 또는 유럽 특허청(EPO)의 특허데이터베이스 등 크게 두 가지 서지 데이터베이스에 축적된 문서들 간의 인용연계에 관한 분석에 한정되어 있다. 미국과 유럽의 특허 데이터베이스는 1970년대 이후 기술변화 및 기술혁신에 관한 경제연구를 위한 통계정보의 주요 원천이 되어 왔다. 그럼에도 불구하고, 특허는 발명활동에 대해 비교가능한 실증적 정보의 상세하고 검증된 원천을 제공하며, 또한 특정 조건 하에서는 R&D 프로세스를 더 상세하게 분석할 수 있도록 도와주는 부가적 수단을 제공하기도 한다.

특허출원자료에 기술되어 있는 클레임과 직접 혹은 간접적으로 관련이 있는 관련 선행기술을 인용하는 특허출원자 또는 특허심사관은 특허대상이 되는 제품 또는 공정에 기여한 과학·기술 저널상의 연구논문을 포함하고 있는 경우도 많다. 특허가 논문을 인용하는 링크의 통계적 분석은 나린(F. Narin) 등에 의해 개척되었는데, 그들은 USPTO 특허의 참고문헌에 포함된 국제적인 과학·기술 저널 수록논문을 이용하였다(Carpenter and Narin, 1983; Narin and Noma, 1985). 이때부터 논문으로 발표된 과학과 특허로 출원된 기술 사이의 상호관계와 지식흐름의 복잡한 웹에 대한 특

허기반의 실증적 연구에서 상당한 발전이 이루어지게 되었다. 이에 따라 어떤 과학분야가 과학기반 기술분야에 있어서 기술개발과 관련성이 있는지에 관한 풍부한 실증적 증거들을 갖게 되었다. 대부분의 이러한 연구는 총량적 수준에서 이러한 연계의 일반적 특징에 초점을 맞추어 수행되었으며, 과학 및 기술의 분야별 영역(Brusconi et al., 2003)에서, 또는 심지어 전체 국가라는 거시적 규모 수준(Grupp and Schmoch, 1992; Narin et al., 1997; Hicks et al., 2000; Tijssen, 2001; Verbeek et al., 2003)에서 일부 통계를 산출했다. 특허의 논문인용 통계는 미국 국립과학재단(NSF)의 Science and Engineering Indicators Report와 유럽위원회 Third European Report on Science and Technology Indicators에서 중요한 특색을 이루고 있는데, 이들 보고서에는 광범위한 과학분야들 내의 과학-기술 연계에 대한 대응변수로서의 인용빈도 데이터를 포함한 통계표를 제시하고 있다.

이와 같은 대규모 인용분석과 병행하여 소규모 사례연구도 수행되었는데, 이들 연구는 주로 특허의 논문인용 또는 논문의 특허인용 연구에서 나타나는 분석결과의 검증과 해석에 주로 목적을 두었다(Carpenter and Narin, 1983; Van Vianen et al., 1990; Albert et al., 1991; Schmoch, 1993; Meyer, 2000a; Tijssen, 2000). 전체적으로 보면, 이러한 분석결과를 통해 과학지식과 기술적 발명간의 명시적 연결에 관한 귀중한 정보와 인터페이스의 체계적 특성들을 설명하는 데 사용할 수 있는 정보가 특허의 참고문헌 목록에 나타난다는 사실을 확인할 수 있다. 그러나 이러한 연구들은 인용에 의한 연결이 반드시 인과적 링크는 아니라는 사실, 다시 말해서 특허의 논문인용 데이터가 연결의 강도나 정도를 나타내기보다는 과학과 기술 사이의 상호작용에 관한 통계에 더 적합하다는 사실을 또한 분명하게 보여주고 있다.¹⁾

더욱이 Narin et al.(1997)은 모든 주요 국가에서 자국 내의 자기인용이 존재한다는 점을 밝혔다. 즉, 통계적으로 기대되는 수준보다 2배에서 4배 이상 되는 정도로 인용건수 중 매우 큰 부분이 같은 국가에서 나온 연구논문을 참조하고 있다는 것이다. 특허인용 관계에 있어서 상당한 규모의 이러한 이른바 자국편의(domestic bias)는 명백히 국지적인 지식흐름 경향을 나타내는 것이며, 이는 지역 또는 국가의 R&D 시스템과 기술혁신 시스템에서 지식의 생성과 확산에 있어서의 축적 효과뿐만 아니라 과학과 기술의 진보 간에 상대적으로 강한 상호작용이 존재한다는 사실을 시사해주는 것이다(Hicks et al., 2001). 예를 들어, 네덜란드인이 발명한 USPTO 특허들을 조사한 결과 그 특허에 네덜란드인의 연구논문이 네덜란드의 과학규모를 고려해 조정된 후 기대되는 수치보다 4배 이상 더 자주 인용된 것으로 나타났다(Tijssen, 2001). 대부분의 이러한 자국인용은 저자나 발명자의 자기인용으로 드러났다. 즉, 발명자들이 자신들의 연구논문을 인용한 것이다. 이러한 자기인용은 연구와 기술개발 간의 직접적 관계를 반영한다. 특히, 생명공학의 경우와 같이 기초과학 연구와 기술개발이 밀접하게 연결되어 있는 영역에서는 자기인용의 경향이 다른 국가들에서도 비슷한 수준으로 높게 나타날 가능성이 매우 큰 것으로 보인다.

따라서, 대부분의 인용연구가 USPTO 특허의 표제면에 제시된 SCI저널 수록 연구논문에 대한 인용에 초점을 맞추어왔다. EPO 심사관은 선행기술을 검토할 때 비특허문헌(non-patent literature)보다는 특허문헌에 훨씬 더 초점을 맞추는 경향이 있기 때문에 이들의 조사보고서에 수록된 참고문헌은 포괄적이고 비교가능한 특허의 논문인용 분석에는 덜 적합하다(Michel and Bettels, 2001). 한편, 유럽위원회에서 간행한 최근의 인용영향 통계(EC, 2003a)의 경우 EPO 특허에 전적으로 의존하고 있는데, 이로 인해 기술분야에 대한 과학연관성의 크기와 동학을 모두 오도할 위험성이 있다.

1) 과학논문과 특허간의 인용분석은 기본적으로 과학지식이 기술지식으로 이전되는 선형적 접근에 기초하고 있다고 볼 수 있다. 이는 당해분야에서 과학논문이 선행하여 발표되고 일정한 시차를 두고 관련된 특허가 출원되는 것으로 보는 것이다. 그런데 일부 영역에서 이와는 다른 경향이 나타나고 있는데, 이를테면 나노기술 분야에서 1960년대 후반에 관련특허의 출원이 이루어지기 시작한 후 1980년대에 들어 당해분야의 과학논문이 활발하게 발표되는 현상이 나타났으며, 이후 다시 특허출원이 급속히 늘어나고 있음을 Meyer(2005)가 발견하였으며, 이를 'Rogenberg pattern'이라고 부르고 있다. 이러한 현상은 도구의 발명이 과학적 탐구활동을 용이하게 하고 이는 다시 기술개발을 촉진하는 경우에 나타난다.

2) 과학기술 형식지 흐름 측정의 이슈

특허와 연구논문 간의 인용에 관한 현행 통계는 유용한 것처럼 보이기 는 하지만, 과학-기술 지식흐름을 완전하게 반영하지는 못하고 있다. 이러한 약점에 비추어 볼 때, 앞으로 인용연구의 발전을 위해서는 특허의 논문인용 통계를 국제비교에 보다 더 적합하도록 하기 위해 다음과 같은 3가지 방법론적 이슈가 검토되어야 할 것이다.

첫째, 자기인용 경향이다. 국내 저자-발명자 자기인용, 자국인용 및 외국인용 간에 지리적 근접성에 의한 명확한 구분이 이루어져야 한다. 각 인용흐름은 상이한 지식전환 프로세스와 상이한 커뮤니케이션 채널에 의해 추동될 가능성이 있으며, 이는 특허화된 기술과 인용된 과학 간의 직접적 연계라는 측면에서 관련 정도가 다양할 것이다.

둘째, EPO 특허의 적절성 문제이다. 특히, 특허의 논문인용이 드물고, 따라서 의미있는 통계로 사용하기 어려운 인터페이스의 경우, USPTO 특허와 비교하여 EPO 특허의 적절성의 정도에 관해 추가적인 연구가 필요하다.

셋째, 특허의 비저널논문 인용이다. 특허에 인용된 과학·기술 저널논문 이외의 문헌들이 기초연구나 응용연구로부터의 기여도를 실제로 어느 정도 반영하고 있는지는 아직 분명하지 않다. 추가적인 사례연구와 이러한 참고문헌에 관한 거시적 규모의 비교분석을 통해 응용연구나 기술개발의 기여도에 관한 관련 정보를 훨씬 더 잘 얻을 수도 있을 것으로 보인다. 이러한 정보원을 활용하기 위해서는 정교한 텍스트 프로세싱 기법과 알고리즘이 요구될 것이다(Lawson et al., 1996).

문서 간의 인용흐름은 본질적으로 양방향적이다. 과학·기술문헌에서 연구논문 역시 특허를 인용할 수 있다. 최근의 실증적 연구에 따르면, 이러한 논문의 특허인용은 드문 것으로 나타나고 있다. SCI 데이터베이스에 수록된 연구논문 중 약 1%만 USPTO 특허를 인용하고 있다(Glanzel and Meyer, 2003). 이러한 역방향의 흐름은 과학연구와 기술혁신 간에 많은 피드백 고리로 특징지워지는 영역, 즉 상호작용이 활발히 일어나는 인터페이스에서 발생할 가능성이 가장 높는데, 이러한 경우 특허 역시 연구문헌을 인용하는 경향이 있다. 그러한 인용의 의미는 아직도 연구주제 중 하나이다.

2. 과학기술 인적요인의 특징과 측정

문서를 통한 인용흐름은 양방향적으로서, 연구논문이 특허를 인용하는 경우도 있다. 이러한 경우 기술개발이 과학발전을 이끌고 있는 것인가, 아니면 기술기업의 실험실에 근무하면서 자신의 특허나 같은 회사내 다른 사람의 특허를 인용하는 발명자-연구자가 많이 존재함으로써 역인용의 경향이 커지는 것과 같은, ‘인적요인’이 존재하는가를 검토할 필요가 있다. 여기에서는 과학과 기술의 상호작용을 측정하고 평가하는 데 있어서 인적요인의 역할을 살펴보기로 한다.

1) 인적요인과 지식흐름의 특징

연구방법, 암묵적 지식, 기술적 산물 등 그 어느 것도 연구논문과 특허를 통해 완전하게 전달되고 의사소통될 수 없다. 따라서 인용흐름을 통해 지식전환 프로세스와 지식활용 메커니즘의 본질과 맥락을 파악할 수 없다. 그러나 인용흐름은 코드화된 지식의 이전 및 활용 프로세스에서 중요한 대리인과 행위자를 정확하게 지적하는데 사용될 수는 있다. 발명자 기반의 분석을 통해 개인에게 체화된 암묵적 정보의 블랙박스 안으로 들어갈 수 있고, 인터페이스 상에서 지식창출과 이전의 토대가 되는 인적자본과 지적자본의 특징을 정량화할 수 있다. 특히, 이들 개인이 후속단계(R&D, 특허화 및 상업화)에도 참여하는 경우 그들은 종종 전체 기술혁신 궤적의 중요한 세부사항들을 해명하고 프로세스 특성을 이해하기 위한 열쇠를 가지게 된다(Tijssen, 2002).

발명은 지적 노력, 영감, 창의성, 인센티브 및 보상 시스템에 의해 추동되는 복잡한 상호작용

경로이다. 기술적 창의성은 매우 재능있고 능력있는 극히 소수의 사람들 내에 집중해 있는 것처럼 보인다. Narin and Breitzman(1995)과 Ernst et al.(2000)은 특허정보를 이용하여 기술기업의 성공적인 기술혁신과 경쟁에서 대체적으로 주요 역할을 하는 것으로 보이는 소수의 발명자에게 특허가 대부분 집중되어 있다는 사실을 발견했다. 대부분의 경우 이러한 발명자는 내부적인 요인들로 인해 미개척의 영역으로 나아가도록 유도된다. 호기심에 의해서든, 개인적인 성취감, 돈, 권력 혹은 명성을 얻기 위해서든 간에 그들은 체계적으로 지식의 창조 및 적용을 추구한다. 그들은 또한 투자에 대한 재무적·경제적 보상이라는 측면에서 참신성의 잠재력을 보는 안목이 있어 적극적으로 발전을 추구하고 새로운 적용가능성을 추구한다. 발명은 종종 미지의 것, 예측되지 않은 곳으로의 도약이며, 우연조차 발명의 실현과 그 최종산물에 중대한 영향을 미칠 수 있는 특성이 있다.

발명자들이 이전된 과학정보나 연구지식을 얼마나 성공적으로 자신의 것으로 만들 것인가는 자신의 흡수능력 및 새로운 지식을 배우고 창조할 수 있는 능력과 노력에 주로 달려있다. 이것은 공공연구기관에 근무하는 학술적 발명자들에게도 분명히 적용되며, 과학과 기술의 영역을 성공적으로 연결하는 길이기도 할 것이다. 이들 발명자는 관련 연구분야에서 최신의 발전동향에 뒤떨어지지 않아야 하고, 과학적 진보에서 선도적 역할을 할 수도 있다. 기업의 발명자들은 발명을 하도록 할 목적으로 고용되기도 한다. 발명자의 또 다른 집단은 기업이나 연구기관에 속하지 않은 독립 발명자들이다. 다른 유형의 발명자와는 매우 이질적인 이러한 집단에는 발명을 수행하거나 자신의 발명을 상업화하기 위해 자신의 기업을 창업했을 수도 있는 기업가적 발명자, 자신의 발명을 라이선스한 발명자, 또한 특허를 사업화하는 데 실패한 발명자들이 있다.

2) 인적요인과 지식흐름 측정의 이슈

과학관련 특허상의 참고문헌 목록을 분석하기보다는 그 특허에 기재된 발명자의 이름을 조사하는 것에 초점을 맞추는 것은 지식흐름을 추적하는 새로운 가능성을 제시한다. 그것은 또한 발명자로 등록된 사람들 사이의 협력패턴과 네트워크 연계에 관한 깊이 있는 체계적 분석을 가능하게 한다. 후자의 분석에 따라, 연구와 개발을 동시에 수행하고 있는 R&D 인력의 추적을 목적으로 하는 새로운 특허기반 실증연구가 점진적으로 출현하고 있다(Noyons et al., 1994; Meyer, 2000b; Tijssen, 2002). 물론, 두 지식영역을 가시적으로 연결하는 개별연구자, 즉 과학문헌에 논문을 실는 연구자와 특허로 등록된 발명을 생산하는 연구자들이 관심의 대상이 될 수 있다. 이 연구자는 같은 사람일 수도 있고, 논문 공동작성과 공동특허에 의해 연계된 여러 사람을 포함할 수도 있다.

이탈리아의 발명자와 대학 연구자 간의 연계관계를 다룬 Balconi et al.(2002)의 연구가 아마도 전체 국가혁신 시스템의 수준에서 인터페이스의 구조적 특성을 매핑하기 위해 인적자원 지향적 접근법을 사용한 최초의 연구일 것이다. 그 연구에서 주요 방법론적 이슈 중 하나는 조직환경이 연계패턴과 지식흐름에 영향을 미치는 정도에 대한 것이며, 여기에서 이탈리아 학계의 발명자들은 비학계 발명자들보다 더 잘 연결되고 있다. 또한, 네덜란드 발명자들 사이의 사례연구에 의하면, 조직요인들이 특허등록된 발명의 과학의존성(science dependence)을 이해하고 모델링 하는 데 있어서 매우 중요하다는 것이 밝혀졌다. 한편, 이러한 발명자 연구에서는 과학영역과 기술영역들 간의 인식적 거리(cognitive distance)뿐만 아니라, 연구기관과 기업의 R&D 임무와 발명활동이 이루어지는 R&D 환경도 고려되어야 한다(Tijssen, 2002, 2003a).

과학연구와 기술개발 간의 명시적 링크를 추적하기 위한 또 하나의 유용한 방법은 1인 이상의 공공연구기관 연구자가 발명자들의 목록 사이에 숨겨져 있는 연구집약적 기술분야의 특허를 조사하는 것이다. 공공연구기관은 연구 프로젝트의 자금을 지원하는 기업에게 특허권을 넘기는 경우가 많기 때문에 이들 연구기관의 기여는 특허상의 발명자 소속기관에 관한 정보의 부족으로 잘 드러나지 않게 된다. 기업소유 특허에 대한 이들 공동 발명자는 직접적인 관계를 나타내고, 특히 생명공학, 제약 및 의료장비와 같은 과학기반 산업분야들에서는 학계와 산업 간에 대부분 상당히 강한 연결을 보여준다. Balconi et al.(2002)과 Meyer(2003), 그리고 Saragossi and Van Pottelsberghe

de al Potterie(2003)에 의한 연구는 대학에서 발명한 특허의 수가 대학이 소유한 특허의 수보다 훨씬 크다는 것을 보여주는 명백한 실증적 증거를 제공한다. 실제로 1985-1997년 기간에 브뤼셀의 Libre 대학의 이러한 EPO 특허의 수는 대학소유 특허 수의 두 배 이상이었다. Balconi et al.(2002)은 1979-1999년 기간 중 이탈리아의 1,300개 대학발명 특허 중 겨우 90건의 EPO 특허만 출원기관이 대학으로 되어 있었으며, 이탈리아의 대학에서 발명한 특허는 이탈리아의 전체 발명자에 의한 EPO 특허의 3.8%를 차지한다는 사실을 밝혔다. Meyer(2003)에 따르면, 1986-2000년 기간에 핀란드 대학들은 USPTO 특허가 36개였지만, 핀란드의 대학이 발명한 특허는 530개에 달했다. 독일도 비슷한 패턴을 보여주었다. 대학이 소유한 특허는 상대적으로 드물지만, 대학이 발명한 특허는 1970년대 초에 200개 이하에서 2000년에 약 1,800개 정도로 계속해서 증가했다(OECD, 2002b).

따라서, 대학의 공동발명자들을 확인하는 것은 학술연구와 그 연구결과에 대한 기업의 활용간의 직접적인 연계를 밝히고 평가하기 위해 특히 유용한 접근방법처럼 보인다. 대부분의 특허가 보통 발명자의 소재국가나 사적인 주소만을 기록하기 때문에 공동발명자의 존재를 어떻게 확인하고 추적할 수 있는가와 같은 주요 방법론상의 이슈가 제기된다. 즉, EC의 재정지원으로 Noyons et al.(2003)에 의해 유럽지역을 대상으로 수행된 연구를 통해 생명과학과 나노과학 분야의 EPO 특허 파일에서 발명자의 주소에 관한 정보가 추출되었다. 주요 방법론적 결론은 다음과 같았다. 첫째, EPO 특허 상에 기재된 대부분의 주소는 사실상 사적인 주소이고, 따라서 체계적인 활용을 위한 정보원으로서 그다지 유용하지 않다. 둘째, 발명자의 이름과 SCI에 수록된 연구논문 저자의 이름을 연계시키는 것은 이들 저자-발명자의 연구기관 주소를 모으기 위한 추가적이고 더욱 유용한 방법을 제공하며, 특히 과학기반 기술분야에서 활동하는 연구자들의 경우에는 더욱 그러하다.

기업이 출원하여 2002-2003년에 등록된 USPTO 및 EPO 특허에 근거한 네덜란드 대학의 공동 발명자를 대상으로, 이들 공동발명자를 추적하기 위한 두 원천 중 하나로서 SCI를 사용하고 있는 연구(Tijssen, 2004)에 따르면, 공공부문 과학의 민간부문 기술개발에 대한 기여도에 관한 또 다른 실증적 증거를 제공한다. 즉, 이들 가운데 59%가 자신의 연구가 특허로 이어지는 R&D에서 매우 중요하게 기여한 것으로 판단했고, 더욱 중요한 것은 인터뷰를 받은 발명자 중 거의 80%가 특허 상에 나타나 있는 발명자 목록이 발명 과정에 대한 주요 기여와 함께 대학의 모든 연구자를 포함한다고 지적했다. 특허상의 발명자 이름은 발명자의 소속기관, 국가 등과 같은 분류체계 개발을 위한 가능성을 제시해준다. 또한, 발명자 이름을 과거와 현재의 소속기관 주소와 연결함으로써 소속기관, 연구분야, 국가 간 발명자의 이동성을 통계적으로 분석할 수 있게 된다(Tijssen, 2003b).²⁾

이상의 연구들에 비추어, 과학-기술 연계를 국제적으로 비교하기 위해 통계적으로 확고한 방법론을 개발하고 포괄적인 데이터베이스를 구축하는 방향으로 중요한 첫 걸음을 내디뎠다고 결론 지을 수 있을 것이다. 발명자 관련 통계와 대학이 발명하고 기업이 소유한 특허도 OECD와 같은 통계를 생산하는 국제기관에서 연구의제로 현재 채택하고 있지만, 폭넓게 수용되는 통계의 생산이라는 측면에서 비교측정 수단과 지표들이 아직 초기단계에 머물러 있다. 과학연구와 기술개발 간의 인터페이스의 주요 특성을 설명하고 모델화 하기 위해서는 추가적인 연구가 요구된다. 그러한 연구는 R&D 종사자에 초점이 맞추어져야 하는데, 기업분야의 유능한 발명자나 공공연구기관에 종사하는 저자-발명자뿐만 아니라, 개발도상국에서 혁신역량의 중추를 담당하는 것으로 보이는 많은 독립적인 발명자도 주목해야 할 것이다.

2) 최근의 흥미로운 연구는 EC의 재정지원을 받아 15개 EU 회원국에서의 수많은 대규모 조사와 함께 진행된 PatVal 프로젝트이다. PatVal은 1992-1997년 동안 출원된 EPO 특허에 대한 다양한 데이터를 수집하였는데, 여기에는 각 특허의 추정 화폐가치와 함께 발명자와 그들의 조직환경 및 직장이동 현황에 대한 배경정보가 포함되었다. 예를 들어, 네덜란드에서 시행된 PatVal 조사의 첫번째 결과를 보면, 발명자의 30%가 특허출원 이후 다른 기관으로 옮겨갔다 (Verspagen, 2004).

IV. 한국의 기술혁신과 과학지식 연계특성

1. 데이터의 수집 및 특성

1) 데이터 수집방법

본 연구에서는 한국인이 출원한 미국특허에 인용된 과학논문을 이용하여 한국의 기술혁신과 관련된 과학적 지식기반을 규명함으로써 기술혁신의 핵심적 역할을 하는 특허를 중심으로 과학기술 지식흐름의 기술혁신 연계특성을 규명하고자 한다. 이 연구를 위해 1990년부터 2006년까지 미국 특허청에 등록된 특허를 대상으로 하였다. 이 데이터를 기반으로 우선, 1990년부터 2006년까지 출원기관 또는 발명자의 국적이 한국으로 지정된 미국특허 44,561건을 미국특허 데이터베이스로부터 추출하였다. 그리고 미국특허로 등록된 이들 한국인 특허에서 비특허문헌(Non Patent Literature: NPL)을 인용하고 있는 특허를 별도로 추출하였다. 이 특허를 이용하여 미국 특허청의 특허검색 사이트에서 각 특허에 대한 검색을 통해 비특허문헌을 수집하였다.

본 연구에서는 과학논문과 특허간의 지식흐름을 측정하기 위해 특허에 인용된 과학논문을 이용한다. 미국특허의 표제면에는 미국특허나 다른 나라의 특허를 포함한 선행특허에 대한 인용정보와 비특허문헌에 대한 인용정보가 수록되어 있다. 한국인이 출원하여 등록된 미국특허의 표제면에는 비특허문헌이 수록되어 있으며, 여기에는 학술지, 학술회의자료, 단행본, 기타 매뉴얼이나 규격 등과 같이 등록특허 외에 다양한 정보가 포함되어 있다. 본 연구에서는 이들 비특허문헌 중 학술지와 학술회의자료에 수록된 과학논문을 별도로 추출하여 필요한 지식흐름 규명을 위한 과학지식 데이터로 사용한다.

고려대상 데이터를 연구목적에 맞게 분석에 사용할 수 있도록 하기 위해 전체 비특허문헌 중 연구에 필요한 과학논문이 수록되어 있는 학술지와 학술회의자료 이외의 단행본, 매뉴얼, 규격이나 카탈로그 등을 제거하였다. 과학논문은 과학커뮤니티 내에서 과학적 발견을 전달하기 위한 가장 기본적인 수단으로 사용되며 과학활동을 대표한다. 따라서 비특허문헌 중 과학논문을 식별하는 것이 과학논문과 특허 간의 상호작용을 파악하는 데 가장 중요한 일이다. 따라서 과학지식과 기술혁신 간의 상호작용을 분석하기 위해 특허에 인용된 과학논문의 서지정보를 입수하여 이 서지정보에 대한 표준화 작업을 수행하였다.

미국특허 표제면에는 과학논문에 대한 서지정보가 제시되어 있으나, 많은 경우 서지사항이 규칙적으로 기술되어 있지 않기 때문에 프로그램을 통해 자동으로 표준화하기 위한 작업을 수행할 수 없다. 또한 이들 과학논문의 서지정보가 불완전할 뿐만 아니라 부정확하기 때문에 다른 서지데이터베이스로부터 과학논문에 대한 정확한 서지정보를 별도로 입수하는 노력을 기울여야 했다. 따라서 특허 표제면의 과학논문에 포함된 키워드들을 검색어로 사용하여 다양한 색인초록 데이터베이스를 검색하였다. 이를 통해 저자명, 발행년도, 논문제목명, 학술지명 또는 학술회의자료명, 권·호수, 수록 쪽수, ISSN 등을 입수하고, 학술지명과 학술회의자료명을 일관성있게 통일시켰다. 이러한 과정을 통해 1990년 이후의 특허에 인용된 과학논문의 서지정보에 대한 검증과정과 수정을 거친 후 특허에 인용된 과학논문 22,304건을 얻게 되었다.

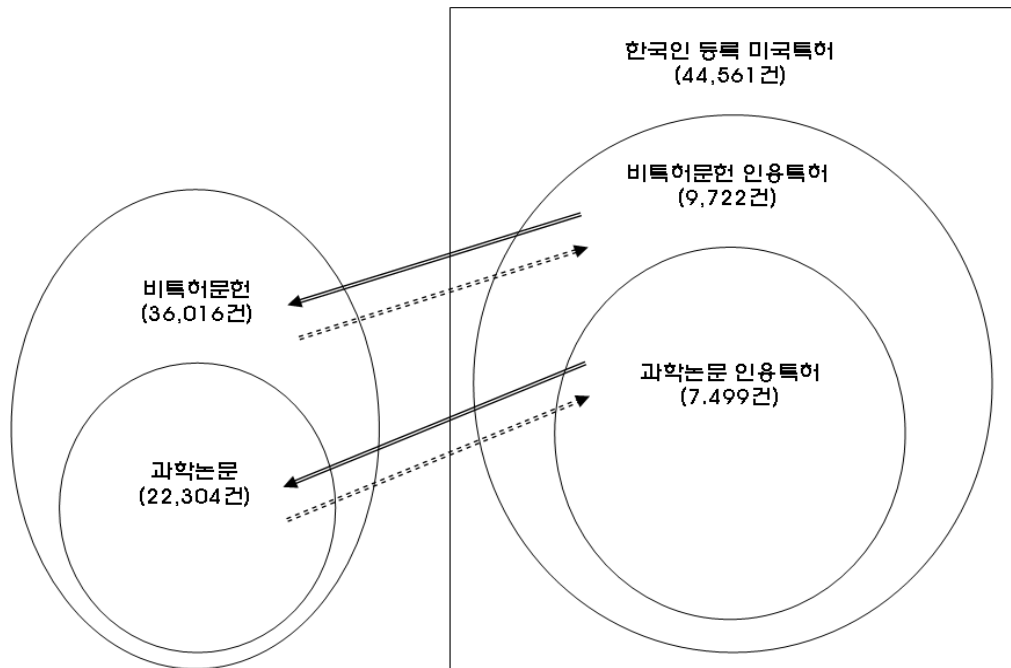
2) 데이터의 특성

미국특허청에 등록된 한국인 특허 중 비특허문헌을 인용하고 있는 특허는 9,722건(당해기간 전체 한국인 등록특허 44,561건의 약 21.8%)이었으며, 이들 특허에 인용된 비특허문헌은 총 36,016건이었다. 그리고 이들 중 학술지 또는 학술회의자료에 수록된 과학논문을 인용한 특허는 7,499건이었으며, 이들 특허에 인용된 과학논문은 총 22,304건이었다. 이상의 데이터는 과학논문과 특허와의 연계관계를 통해 과학으로부터 기술혁신으로의 지식흐름을 분석하기 위한 기초자료로 이용된

다. 이러한 여러 가지 형태의 분석대상 데이터를 정리하면 <표 1>과 같으며, 이들 데이터의 유형과 데이터들 간의 관계를 그림으로 나타내면 <그림 1>과 같다.

<표 1> 분석대상 데이터의 유형요약

데이터 유형	건 수	비 고
A. 미국특허청 등록특허	2,186,630	- 1990-2006년간 전체 미국특허
B. 한국인 등록특허	44,561	- 1990-2006년간 한국인 등록 미국특허 - A의 2.0%
C. 비특허문헌(NPL) 인용 한국인특허	9,722	- B의 21.8%
F. 인용된 비특허문헌	36,016	- C의 1건당 평균 3.7건
D. 과학논문 인용 한국인특허	7,499	- B의 16.8% - C의 77.1%
G. 인용된 과학논문	22,304	- D의 1건당 2.97건 - F의 61.9%



(그림 1) 분석대상 데이터의 유형과 관계

이상의 자료에 대하여 기술분야(OST/INPI/ISI 6대 기술분류 기준)와 출원인 유형(기업, 대학, 연구소 등)과 에 따라 과학논문을 인용한 한국인 특허를 보면 <표 2>와 같다. 이 표에서 볼 수 있듯이 기술분야별로는 전체기간 중 미국특허청(USPTO)에 등록된 한국인 특허 가운데 전기전자 분야의 특허가 4,084건으로 절반 이상(56.5%)을 차지하고 있으며, 기술혁신 주체별로는 기업이 5,322건으로 압도적인 비율(73.6%)을 차지하고 있다. 대학의 경우 1990년대에는 미국특허 등록이 거의 없었으며, 전체기간에 있어서도 대학의 특허등록은 미미한 수준에 머물고 있다, 이러한 결과는 기술혁신 활동에 있어서 기업과 대학의 역할이 다름을 보여주는 당연한 결과라고 할 수 있다.

<표 2> 과학논문을 인용한 USPTO 한국인 특허건수

기술분야	1990년대				2000년대				전체기간			
	기업	대학	연구소	계	기업	대학	연구소	계	기업	대학	연구소	계
전기전자	1,024	6	187	1,217	2,227	46	594	2,867	3,251	52	781	4,084
도구 및 장치	145	0	65	210	649	17	242	908	794	17	307	1,118
화학, 의약품, 바이오	252	6	180	438	640	62	257	959	892	68	437	1,397
공정기술	73	0	70	143	224	20	106	350	297	20	176	493
기계공학, 기계류	26	0	11	37	47	2	36	85	73	2	47	122
소비재	6	0	0	6	9	0	3	12	15	0	3	18
계	1,526	12	513	2,051	3,796	147	1,238	5,181	5,322	159	1,751	7,232

한편 출원인의 유형과 기술분야에 따라 USPTO 한국인 특허에 인용된 과학논문 현황을 요약하면 <표 3>과 같다. 이 경우에도 앞서와 같이 전체기간 중 USPTO 한국인 특허에 인용된 과학논문 가운데 전기전자 분야에 인용된 논문이 8,132건으로 높은 비중(38.3%)을 차지하고 있으며, 기술혁신 주체별로는 기업이 출원한 특허에 인용된 과학논문이 15,356건으로 월등히 높은 비중(72.2%)을 차지하고 있다. 여기에서도 대학의 경우는 그 비중이 매우 낮게 나타나고 있다.

<표 3> USPTO 한국인 특허에 인용된 과학논문 건수

기술분야	1990년대				2000년대				전체기간			
	기업	대학	연구소	계	기업	대학	연구소	계	기업	대학	연구소	계
전기전자	1,597	10	378	1,985	4,806	151	1,190	6,147	6,403	161	1,568	8,132
도구 및 장치	252	0	167	419	3,065	45	556	3,666	3,317	45	723	4,085
화학, 의약품, 바이오	850	81	655	1,586	3,564	771	1,119	5,454	4,414	852	1,774	7,040
공정기술	135	0	179	314	906	145	342	1,393	1,041	145	521	1,707
기계공학, 기계류	40	0	33	73	117	4	69	190	157	4	102	263
소비재	6	0	0	6	18	0	9	27	24	0	9	33
계	2,880	91	1,412	4,383	12,476	1,116	3,285	16,877	15,356	1,207	4,697	21,260

2. 기술혁신의 과학지식 연계특성

1) 기술혁신 분야별 과학지식 연계특성

우리나라 기술혁신이 분야별로 과학지식과 연계된 정도가 어느 정도인지에 대하여 과학기술 연계지수(Science Linkage)를 산출하여 살펴보면 <표 4>와 같다. 이에 따르면, 화학·의약품·바이오기술이 전체기간 중 5.04건으로 가장 높게 나타나고 있으며, 그 다음으로 도구 및 장치 분야와 공정기술 분야가 3.65건과 3.48건으로 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이에 반해 전기전자(1.99건)와 소비재 기술(1.83건)은 가장 낮게 나타나고 있다.³⁾ 이러한 결과는 우리나라의 기술혁신에 있어서 화학, 의약품, 바이오 분야가 과학지식과의 상호작용이 가장 큰 기술분야이며, 당해분야 기술이

3) 특허분석을 통한 과학과 기술의 연관관계는 특허에 인용된 논문의 특성분석을 통해 이루어지며, 특허가 인용한 학술논문수로 표시되는 과학기술연계지수(SL)는 특허와 과학논문의 관계정도를 나타내는 지표로 사용된다. 미국특허청(USPTO)에 특허를 등록한 주요 기업을 대상으로 1998-2002년 기간 중 업종별 과학기술연계지수(SL)를 분석한 자료에 따르면, 항공 0.47, 자동차 0.12, 생명공학/의약 19.32, 화학 1.86, 컴퓨터 1.38, 전자 0.53, 반도체 1.88, 통신 1.15 등으로 나타나고 있다(MIT, *The TR Patent Scoreboard*, 2004).

기초연구와 밀접한 관계가 있는 과학기반 기술분야임을 보여주는 것이다.

또한 기술혁신의 과학지식 연계성에 대하여 1990년대와 2000년대를 비교해보면 1990년대의 경우 2.20건이었는데 비해 2000년대에는 3.26건으로 크게 높아졌음을 볼 수 있다. 이러한 현상은 6개 기술분야 모두에서 유사하게 나타나고 있다. 이는 우리나라 기술혁신이 2000년대에 들어 과거에 비해 더욱 과학지식 기반형으로 이루어졌음을 짐작할 수 있게 하는 결과이다.

<표 4> 기술혁신 분야별 과학지식 연계

기술분야	1990년대	2000년대	전체기간
전기전자	1.63	2.14	1.99
도구 및 장치	2.00	4.04	3.65
화학, 의약품, 바이오	3.62	5.69	5.04
공정기술	2.20	3.98	3.48
기계공학, 기계류	1.97	2.24	2.16
소비재	1.00	2.25	1.83
계	2.20	3.26	2.94

기술혁신이 기반을 둔 과학지식의 최신성도 기술분야에 따라 다를 수 있을 것이다. 이는 특허에 인용된 과학지식의 발생시기를 분석함으로써 규명할 수 있다. 본 연구에서는 1990년부터 2006년까지 미국특허청에 등록된 한국인 특허가 출원된 시점과 인용된 과학논문의 발표시점 간의 시차를 계산하였으며, 그 결과는 <표 5>와 같다. 이에 따르면, 화학·의약품·바이오기술이 8.75년으로 가장 길게 나타나고 있으며, 전기전자와 소비재 기술은 가장 짧게 나타나고 있다. 즉, 전기전자 분야의 경우 상대적으로 최근에 발표된 논문을 인용하고 있어서 다른 분야에 비해 최신의 과학지식을 기술혁신에 활용하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 그리고 이러한 시차는 전체 기술분야에 있어서 1990년대에 비해 2000년대의 경우 모두 짧아진 것으로 나타나고 있다.

<표 5> 기술분야별 과학논문 발표와 특허출원 간의 시차(과학지식 최신성)

	N	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰구간		최소값	최대값
					하한값	상한값		
전기전자	8,270	5.68	5.431	.060	5.56	5.80	-4	73
도구 및 장치	4,187	6.78	5.855	.090	6.60	6.95	-3	69
화학, 의약품, 바이오	7,723	8.75	9.486	.108	8.54	8.97	-4	111
공정기술	1,761	6.71	7.193	.171	6.37	7.04	-3	58
기계공학, 기계류	302	6.77	6.456	.372	6.04	7.50	-3	34
소비재	35	4.97	5.973	1.010	2.92	7.02	-1	24
합계	22,278	7.05	7.418	.050	6.95	7.14	-4	111

주: 1) 이상은 전체기간을 대상으로 분석한 결과임. 한편 1990년대는 평균 7.62년, 2000년대는 6.90년으로 나타났으며, 6개 분야 모두에 있어서 과학논문과 특허출원 간의 시차는 줄어든 것으로 나타났음.

2) 기간을 구분하여 ANOVA를 수행한 결과는 다음과 같이 모두 유의하게 나타났음.

- ① 1990년대 : F = 45.034, p = .000
- ② 2000년대 : F = 104.425, p = .000
- ③ 전체기간 : F = 145.038, p = .000

2) 기술혁신 주체별 과학지식 연계특성

기술혁신이 발생하는 분야에 따라 과학지식 연계특성이 차이가 남과 동시에 발명자의 소속기

관, 즉 기술혁신 주체별로 특허활동의 패턴은 다른 것으로 나타나고 있다. 기존의 해외 연구결과에 따르면 대학이 출원한 특허는 기업이 출원한 특허보다 과학논문을 더 많이 인용하는 경향이 있는 것으로 나타나고 있다. 기술혁신 주체별 과학연계지수를 분석한 결과는 <표 6>과 같다. 여기에서 볼 수 있는 바와 같이 한국의 기술혁신에 있어서도 이러한 경향은 명확하게 나타나고 있다. 대학의 경우 7.59건으로서 기업이 2.89건, 그리고 연구소가 2.68건인데 비해 월등히 높은 것으로 나타나고 있다. 이는 대학 발명자의 경우 타 부문의 발명자에 비해 과학논문을 활발하게 인용한다는 것을 의미하며, 경우에 따라서는 발명자이면서 동시에 과학논문의 저자일 가능성도 충분히 존재할 것으로 추정된다. 한편 시기별로는 1990년대에 비해 2000년대에 과학지식 연계정도가 높게 나타나고 있으며, 이러한 현상은 주로 기업의 발명자가 1990년대(1.89건)에 비해 2000년대(3.29건)에 과학논문 인용정도가 현저하게 높아진 데 기인하고 있다.

<표 6> 기술혁신주체별 과학연계

기술분야	1990년대	2000년대	전체기간
기업	1.89	3.29	2.89
대학	7.58	7.59	7.59
연구소	2.75	2.65	2.68
계	2.20	3.26	2.94

한편으로 기술혁신 주체에 따라 기술혁신이 기반을 둔 과학지식의 최신성의 차이를 분석하였다. 1990년부터 2006년까지 미국특허청에 등록된 한국인 특허가 출원된 시점과 인용된 과학논문의 발표시점 간의 시차를 출원인 유형별로 계산하였으며, 그 결과는 <표 7>과 같다. 이에 따르면, 대학이 7.54년으로, 기업(6.98년)이나 연구소(6.95년)에 비해 상대적으로 길게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 이러한 시차는 전체 기술혁신 주체 모두에 있어서 1990년대에 비해 2000년대의 경우 모두 짧아진 것으로 나타나고 있다.

<표 7> 기술혁신 주체별 과학논문 발표와 특허출원 간의 시차(과학지식 최신성)

	N	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰구간		최소값	최대값
					하한값	상한값		
기업	15,346	6.98	7.547	.061	6.86	7.10	-4	111
대학	1,206	7.54	6.545	.188	7.17	7.91	-2	52
연구소	4,696	6.95	7.061	.103	6.75	7.15	-4	71
합계	21,248	7.00	7.389	.051	6.90	7.10	-4	111

- 주: 1) 이상은 전체기간을 대상으로 분석한 결과임. 또한 1990년대는 평균 7.60년, 2000년대는 6.85년으로 나타나고 있으며, 6개 분야 모두에 있어서 과학논문과 특허 간의 시차는 줄어든 것으로 나타났음.
 2) 기간을 구분하여 ANOVA를 수행한 결과는 다음과 같이 모두 유의하게 나타났음.
 ① 1990년대 : F = 3.400, p = .033
 ② 2000년대 : F = 9.900, p = .000
 ③ 전체기간 : F = 3.351, p = .035

V. 향후 과제

특허인용 관련 통계가 국제적인 비교목적으로 사용되고 있다는 것은 고무적이라고 할 수 있다. 이러한 특허의 논문인용 분석은 분명히 과학-기술 인터페이스 내에서 지식흐름의 패턴을 분석

하는 흥미로운 방법이지만, 타당성 있는 총량수준의 인용통계라는 측면에서는 아직 초보적인 수준에 있는 것도 사실이다. 설명력 및 분석력의 강점과 한계, 그리고 신뢰할만한 국가간 비교통계를 위한 잠재성은 아직 충분히 확인되지 않은 상태라고 할 수 있다. 특허인용이 특정 국가별 과학기반의 특성을 모델링 하거나, 국가혁신 시스템 내에서 과학-기술 연계의 중요성에 관한 비교측정을 하기 위해 사용될 경우, 적어도 가능한 한 폭넓은 특허(유럽 EPO, 미국 UPSTO 및 일본 JPO를 포괄하는 이른바 3극특허)를 통합하여 분석하는 것이 바람직할 것이며, 한편으로는 국제 인용, 국내 인용 및 저자-발명자의 자기인용 등을 명확히 구분해야 할 것이다.

한편, 지식창출과 지식흐름 지표의 개발은 학계연구에서 비교적 중요한 위치를 차지하고 있고 정책적 관심과 재정지원을 끌어들이었지만, 과학관련 혁신역량에 관한 지표에는 관심이 훨씬 적다. 이는 혁신과정 초기단계에서 인적요인이 주축역할을 하고, 지속적인 경제발전을 위해 지적자본과 인적자본의 현재스톡이 매우 중요하다는 관점에서 놀라운 사실이 아닐 수 없다. 다른 종류의 발명자들의 분포, 그들의 창의적 성과의 특성, 그리고 연구기관의 위치와 근무여건 등에 관한 통계는 혁신시스템 내에서 과학기반의 R&D 과정의 내부적 작동을 이해하고 정량화하는 것을 돕는 매우 귀중한 통찰력과 데이터를 제공할 수 있다. 이러한 원천을 포착하기 위해 특허기술을 생산하는 과학자와 발명자의 특성을 명시적으로 다루는 더 좋은 모델, 새로운 방법론과 측정수단이 필요하다. 사례연구와 국가적 조사는 특히 의학 및 생명과학의 산업관련 분야 내에서 과학-기술 인터페이스에서 활동하는 R&D 인력과 발명자의 역할에 대한 더 나은 프로세스의 이해에 기여할 수 있다.

본 고에서는 우리나라 기술혁신의 과학지식과 연계특성을 미국특허청에 등록된 한국인 특허를 이용하여 기술혁신 분야와 주체별로 분석하였다. 먼저, 기술분야별로 보면, 화학·의약품·바이오기술이 분석대상 기간 중 5.04건으로 6개 주요 기술분야 가운데 가장 높게 나타나고 있으며, 전기전자와 소비재 기술분야는 가장 낮게 나타나고 있다. 또한 이 수치는 우리나라 전체 기술혁신 분야에 대해 1990년대의 경우 2.20건이었는데 비해 2000년대에는 3.26건으로 크게 높아진 것으로 나타나고 있는데, 이는 2000년대에 들어 1990년대에 비해 더욱 과학지식 기반형으로 이루어져온 것으로 판단할 수 있게 해준다. 그리고 이러한 분야별 기술혁신이 얼마나 최신의 과학지식에 기반을 두고 있는지를 한국인 특허가 출원된 시점과 인용된 과학논문의 발표시점 간의 시차를 계산하여 분석하였는데, 이에 따르면 화학·의약품·바이오기술은 8.75년으로 가장 길게 나타나고 전기전자는 5.68년으로 짧게 나타나고 있으며, 이러한 시차는 전체 기술분야에 있어서 1990년대에 비해 2000년대의 경우 모두 짧아진 것으로 나타나고 있다. 다음으로, 기술혁신을 수행하는 주체에 따라 과학지식 연계성을 분석한 결과 대학의 경우가 기업이나 연구소보다 과학논문을 더 많이 인용하는 경향이 있는 것으로 나타나고 있다. 구체적으로 대학의 경우 7.59건으로서 기업이 2.89건, 그리고 연구소가 2.68건인데 비해 월등히 높은 것으로 분석되고 있다. 또한 기업이나 연구소에 의한 기술혁신이 대학에 비해 좀더 최신의 과학지식에 기반을 두고 있는 것으로 나타나고 있다.

특허인용 정보를 통한 지식흐름 측정과 발명자 정보를 기초로 한 지식흐름 측정 등 두 가지 유형의 특허기반 측정수단은 모두 산업혁신과 관련된 과학-기술 상호작용과 인적 창의성에 대한 유용한 대리변수가 된다. 그러나 두 경우 모두 혁신역량이라는 R&D 관련 측면의 폭넓게 받아들여지는 주요지표로서 사용하기 위한 가능성 측면에서 부족한 지표라고 할 수 있다. 진정한 혁신관련 통계의 발전이 있으려면 새로운 비교가능 데이터의 원천이 필요할 뿐만 아니라, 국제적으로 표준화된 데이터를 얻기 위한 데이터 수집 방법론도 필요하다. 또한, 적절한 이론과 개념모델을 이용해서 모든 데이터를 맥락에 맞게 평가할 수 있어야 한다. 비록 최근 이론과 정교화된 모델의 발전은 검증 가능한 사실적 증거를 제공하기 위한 이용 가능한 통계자료의 능력을 넘어서고 있지만, 지금이야말로 과학-기술 연계에 대한 체계적이고 경험적인 증거를 모으고, 믿을 수 있고 조화로운 통계를 생산하기 위한 새로운 지표를 개발하고 시험하기 위한 지침으로서 이들 투입물을 이용할 때이다.

참고문헌

- 박현우 · 성웅현 (2008), “과학논문과 특허를 통한 과학기술 지식흐름의 특성분석,” 지식경영연구, 제9권 제1호, 한국지식경영학회, 39-58.
- 박현우 · 이창환 · 여운동 (2008), “과학기술 지식흐름의 산업연계 과급경로 분석,” 기술혁신학회지, 제11권 제1호, 한국기술혁신학회, 91-117.
- 한유진 · 박현우 (2007), “기술혁신을 위한 특허와 논문지식 흐름의 역할,” 지식재산연구, 제2권 제2호, 한국지식재산연구원, 71-91.
- Adams, J. (1990), “Fundamental stocks of knowledge and productivity growth,” *Journal of Political Economy*, 98, 673-702.
- Albert, M., D. Avery, and F. Narin (1991), “Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents,” *Research Policy*, 20, 251-259.
- Balconi, M., S. Breschi, and F. Lissoni (2004), “Networks of inventors and the location of university research: and exploration of Italian data,” *Research Policy*, 33, 127-145.
- Bozeman, B. (2000), “Technology transfer and public policy: a review of research and theory,” *Research Policy*, 29, 627-655.
- Breschi, S., F. Lissoni and F. Malerba (2003), “Knowledge Networks from Patent Citations? Methodological Issues and Preliminary Results”, *DRUID Summer Conference on Creating, Sharing and Transferring Knowledge*, June 12-14, Copenhagen.
- Brusconi, S., P. Criscuolo, and A. Geuna (2003), *The knowledge base of the worlds largest pharmaceuticals groups: what do the patent citation to non-patent literature reveal?* SPRU report, University of Sussex, United Kingdom.
- Carpenter, M. and F. Narin (1983), “Validation study: patent citations as indicators of science and foreign dependence,” *World Patent Information*, 5, 180-185.
- Cohen, W., R. Nelson, and J. Walsh (2002), “Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D,” *Management Science*, 48, 1-23.
- EC (2003a), *Third European Science and Technology Indicators Report*, Brussel: European Commission.
- EC (2003b), *European Innovation Scoreboard 2003*, SEC(2003) 1255, Brussel: European Commission.
- Ernst, H., C. Leptien, and J. Vitt (2000), “Inventors are not alike: the distribution of patenting output among industrial R&D personnel,” *IEEE Transactions on Engineering Management*, 47, 184-199.
- Etzowitz, H. and L. Leydesdorff (2000), “The dynamics of innovation: from National Systems and 'Mode 2' to a Triple Helix of university-industry-government relations,” *Research Policy*, 29, 109-123.
- Gibbons, M., C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott, and M. Trow (1994), *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London: Sage.
- Gittelman, M. and B. Kogut (2003), “Does Good Science Lead to Valuable Knowledge? Biotechnology Firms and the Evolutionary Logic of Citation Patterns”, *Management Science*, 49(4), 366-382.
- Glänzel, W. and M. Meyer (2003), “Patents Cited in the Scientific Literature: An Exploratory Study of 'Reverse' Citation Relations,” *Scientometrics*, 58, 415-428.
- Grupp, H. and U. Schmoch (1992), “Perceptions of scientification of innovation as measured by referring between patents and papers,” in H. Grupp (ed), *Dynamics of Science-based Innovation*, Berlin: Springer Verlag, 73-128.
- Hall, B. H., A. B. Jaffe, and M. Trajtenberg (2001), *The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools*, National Bureau of Economic Research, Working Paper, No.8498.
- Hicks, D. (2000), “360 Degree linkage analysis,” *Research Policy*, 9, 133-143.

- Hicks, D., T. Breitzman, D. Olivastro, and K. Hamilton (2001), "The changing composition of innovative activity in the US - a portrait based on patent analysis," *Research Policy*, 30, 681-703.
- Karki, M (1997). "Patent Citation Analysis: A Policy Analysis Tool," *World Patent Information*, 19(4), 269-272.
- Lawson, M., N. Kemp, M. Lunch, and G. Chowdhury (1996), "Automatic extraction of citations from the text of English language patents - an example of template mining," *Journal of Information Science*, 22, 423-436.
- Meyer, M. (2000a), "Does science push technology? Patents citing scientific literature," *Research Policy*, 29, 409-434.
- Meyer, M. (2000b), "Patent citations in a novel field of technology - what can they tell about interaction between emerging communities of science and technology?" *Scientometrics*, 48, 151-178.
- Meyer, M. (2002), "Tracing Knowledge Flows in Innovation Systems: An Informetric Perspective on Future Research on Science-based Innovation," *Economic Systems Research*, 14(4), 323-344.
- Meyer, M. (2003), "Academic patents as an indicator of useful research? A new approach to measure academic inventiveness," *Research Evaluation*, 12, 17-27.
- Meyer, M. (2005), *Between Technology and Science: Exploring an Emerging Field*, Boca Raton, Florida: Dissertation.com
- Michel, J. and B. Bettels (2001), "Patent citation analysis - A closer look at the basic input data from patent search reports," *Scientometrics*, 51, 185-201.
- MIT (2004), *The TR Patent Scoreboard*, Technology Review and CHI Research, Inc.
- Mumford, M. and D. Simonton (1997), "Creativity in the workplace: people problems and structures," *Journal of Creative Behavior*, 31, 1-6.
- Narin, F. and A. Breitzman (1995), "Inventive productivity," *Research Policy*, 24, 507-519.
- Narin, F., K. S. Hamilton, and D. Olivastro (1997), "The Increasing Linkage between US Technology and Public Science," *Research Policy* 26(3), 317-330.
- Narin, F. and E. Noma (1985), "Is Technology Becoming Science?" *Scientometrics* 7, 369-381.
- Noyons, E. C. M., A. F. J. Van Raan, H. Grupp, and U. Schmoch (1994), "Exploring the science and technology interface - inventor-author relations in laser medicine research," *Research Policy* 23, pp.443-457.
- NSF (2002), *Science and Engineering Indicators 2002*, Arlington: National Science Foundation, National Science Board
- OECD (1994), *The Measurement of Scientific and Technological Activities - Using Patent Data as Science and Technology Indicators*, Patent Manual, Paris: OECD.
- OECD (2002a), *Benchmarking Industry-Science Relationships*, Paris: OECD.
- OECD (2002b), *Science, Technology and Industry Outlook*, Paris: OECD.
- OECD (2003), *Science, Technology and Industry Scoreboard 2003 - Toward a Knowledge-based Economy*, Paris: OECD.
- Park, Hyun Woo and Jay Kang (2009), "Patterns of scientific and technological knowledge flows based on scientific papers and patents," *Scientometrics*, 81(3), 811-820.
- Park, Hyun Woo and Jay Kang (2009), "The Flow of Scientific and Technological Knowledge to Korean Patents," The 8th International Business and Economy Conference, Udaipur, India.
- Pavitt, K. (1998a), *Do Patents Reflect the Useful Research Output of Universities?* SPRU: Electronic Working Paper Series, No.6.
- Salter, A. and B. Martin (2001), "The economic benefits of publicly funded basic research: a critical

- review,” *Research Policy*, 30, 509-532.
- Saragossi, S. and B. Van Pottelsberghe de la Potterie (2000), “What patent data reveal about universities: the case of Belgium,” *Journal of Technology Transfer*, 18, 47-51.
- Schmoch, U. (1993), “Tracing the knowledge transfer from science to technology as reflected in patent indicators,” *Scieintometrics*, 26, 193-211.
- Tijssen, R. J. W. (2001), “Global and domestic utilization of industrial relevant science: patent citation analysis of science-technology interactions and knowledge,” *Research Policy*, 30, 35-54.
- Tijssen, R. J. W. (2002), “Science dependence of technologies: evidence from inventions and their inventors,” *Research Policy*, 31(4), 509-523.
- Tijssen, R. J. W. (2003a), “The knowledge resources of inventions: towards a typology of organizational knowledge creation environments,” Presentation at meeting of the INIR Network, Catholic University of Leuven, Belgium, January.
- Tijssen, R. J. W. (2003b), “Inventiveness by numbers: towards inventors statistics,” Invited paper at the WIPO-OECD Workshop on Statistics inn the Patent Field, Geneva, Switzerland, September.
- Tijssen, R. J. W. (2004), “Measuring and Evaluating Science and Technology Connections,” H. F. Moed, W. Glänzel, and U. Schmoch, eds., *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.701.
- Van Vianen, B. G., H. F. Moed, and A. F. J. Van Raan (1990), “An exploration of the science base of recent technology,” *Research Policy*, 19, 61-81.
- Verbeek, A., K. Debackere, and M. Luwel (2003), “Science cited in patents: a geographic 'flow' analysis of bibliographic citation patterns in patents,” *Scientometrics*, 58, 241-263.
- Verbeek, A., K. Debackere, M. Luwel, P. Andries, E. Zimmermann, and F. Deleus (2002), “Linking Science to Technology: Using Bibliographic References in Patents to Build Linkage Scheme,” *Scientometrics*, 54(3), 399-420.