

우리나라 기술혁신에서의 과학-기술 지식연계 특성분석

How is Scientific and Technological Knowledge Linked
in Technological Innovation in Korea?

박현우(Hyun-Woo Park)*, 손종구(Jong-Ku Son)**, 유연우(Yeon-Woo You)***

목 차

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| I. 서론 | IV. 우리나라 기술혁신에서의 과학-기술
지식연계 특성 |
| II. 과학-기술 지식연계의 특징과 측정 | V. 결론 및 시사점 |
| III. 과학-기술지식 연계관계 분석의
관점과 방법론 | |

국 문 요 약

본 논문에서는 우선 기술혁신에 있어서 과학기술 지식의 연계관계에 관한 연구동향을 몇 가지 관점에서 정리하고, 기술혁신 과정에 있어서 과학과 기술 간의 상호작용 또는 지식흐름이 어떠한 역할을 하는지를 검토한다. 이어서 과학과 기술의 지식흐름 측정을 위한 통계적 방법과 양적 지표를 검토하고 지식흐름에 있어서 인적요인의 역할을 고찰하고자 한다. 다음으로, 한국의 기술혁신이 기반하고 있는 과학기술 지식의 특성을 분야별로 분석한다. 이를 위해 미국특허청에 등록된 한국인 특허를 대상으로 이들 특허 표제면에 수록되어 있는 비특허문헌 중 과학논문에 대한 정보를 추출한 후 기술혁신 분야와 주제별로 과학지식 연계 정도와 인용된 과학지식의 최신성을 규명한다. 끝으로, 예측가능한 미래에 이루어질 새로운 발전을 향한 관점에서 결론과 시사점을 도출하고자 한다. 이는 지역혁신 시스템 혹은 국가혁신 시스템이라는 맥락에서 과학연구와 기술개발 사이의 관계에 대한 복잡하고 역동적인 네트워크를 설명하고 평가하기 위해 특허에 기반을 둔, 그리고 발명자에 기반한 통계의 디자인과 활용을 위한 새로운 방향을 제안한다.

핵심어 : 기술혁신, 과학지식, 기술개발, 과학연계, 지식흐름

※ 논문접수일: 2010.7.28, 1차수정일: 2011.2.14, 2차수정일: 2011.2.28, 게재확정일: 2011.3.7

* 한국과학기술정보연구원 정보분석본부 책임연구원, hpark@kisti.re.kr, 02-3299-6051

** 한국과학기술정보연구원 정보분석본부 책임연구원, jkson@kisti.re.kr, 02-3299-6037

*** 한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원 교수, threey0818@hansung.ac.kr, 010-5201-7743, 교신저자

ABSTRACT

Technical change and technological innovation have become major drivers of economic progress in the knowledge oriented economies where growth, productivity, and competitiveness are increasingly based on improved technologies, novel products, upgraded processes or customized services. The creation of new knowledge, modifying or improving existent knowledge, or imitation of others, has become central to economic development. New discoveries, state-of-the-art information gathering procedures, or successful problem solving routines are often at the core of these innovations.

Despite the generally acknowledged importance of science in many high-tech areas of major economic relevance, there is few science-related statistics to be found in high-profile international benchmarking reports. This paper aims to provide an answer by advancing our understanding of the possibilities of indicators quantifying linkages between science and technology. Central are the concepts of innovation capability and science/technology interface, which are used to assemble a wide range of empirical studies and quantitative indicators to summarize their possibilities and limitations for producing comparative statistics.

For the purpose of the study, we extracted the US patents by Korean assignees or inventors, scientific papers cited in the patents in order to analyze the characteristics of linkage of scientific knowledge flows. The review focuses on indicators dealing with flows of written or codified information, and indicators of inventiveness that capture the non-codifiable tacit knowledge dimension. General conclusions will be drawn with a view towards further developments in the foreseeable future, suggesting new avenues for the design and implementation of patent-based and inventor-based relationships between scientific research and technical development within the context of regional or national systems of innovation.

Key Words : Technological Innovation, Scientific Knowledge, Technical Development, Scientific Linkage, Knowledge Flow

I. 서 론

과학연구 활동과 기술혁신 활동의 연계관계가 강화됨에 따라(Martin and Irwin, 1989) 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 연계관계를 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 한계를 명확히 하기 위해 다양한 실증적 연구와 정량적 지표들을 정리하는데 사용된다.

과학지식이 기술혁신에 실질적으로 기여하고 있다는 사실에도 불구하고 이들의 기여도 범위나 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(노경란, 2006). 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, 기술혁신 과정에 있어서 과학과 기술 간의 지식흐름이 어떠한 역할을 하는지를 검토한다. 이어서 과학과 기술의 지식흐름 측정을 위한 통계적 방법과 양적 지표를 검토하고 지식흐름에 있어서 인적요인의 역할을 고찰하고자 한다. 다음으로, 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 결론과 시사점을 도출하고자 한다. 이는 지역혁신 시스템 혹은 국가혁신 시스템이라는 맥락에서 과학연구와 기술개발 사이의 관계에 대한 복잡하고 역동적인 네트워크를 설명하고 평가하기 위해 특허에 기반을 둔, 그리고 발명자에 기반한 통계의 디자인과 활용을 위한 새로운 방향을 제안하게 될 것이다.

II. 과학-기술 지식연계의 특징과 측정

1. 과학-기술 형식지 흐름의 특징과 측정

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 활용될 수 있다.

연구논문과 특허에 수록된 참고문헌은 지식재산권을 구체화하고 서술하기 위해 관계되거나 과학지식 기반 및 당해분야의 선행기술을 묘사하기 위한 문서자료를 포함한다. 따라서, 이러한 참고문헌은 특허와 인용된 원천 사이의 연계관계를 반영하는데, 이는 당해 형식지의 확산과 흡수에 관한 상세한 경험적 정보를 제공한다. 커뮤니케이션 과정에 대한 이러한 지식흐름 접근방법은 하나의 문서가 다른 문서를 언급하는 다양한 인용지표를 포함한다. 인용유형에는 ① 논문의 논문인용, ② 특허의 특허인용, ③ 특허의 논문인용, 그리고 혼한 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.¹⁾

지금까지 이러한 인용흐름 연구는 대부분 과학논문인용색인(SCI) 데이터베이스 또는 Web of Science와 미국 특허청(USPTO) 또는 유럽 특허청(EPO)의 특허데이터베이스 등 크게 두 가지 유형의 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(Tijssen, 2004). 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.

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 'Rosenberg pattern'이라고 부르고 있다. 이러한 현상은 도구의 발명이 과학적 탐구활동을 용이하게 하고 이는 다시 기술개발을 촉진하는 경우에 나타날 수 있다.

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 포함시키는 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 특허기반의 실증적 연구에서 상당한 발전이 이루어지게 되었다. 이에 따라 어떤 과학분야가 과학기반 기술분야에 있어서 기술개발과 관련성이 있는지에 관한 풍부한 실증적 증거들을 갖게 되었다. 이러한 분석결과를 통해 과학지식과 기술적 발명 간의 명시적 연결에 관한 귀중한 정보와 인터페이스의 체계적 특성을 설명하는 데 사용할 수 있는 정보가 특허의 참고문헌 목록에 나타난다는 사실을 확인할 수 있다.

한편, 대부분의 인용연구가 USPTO 특허의 표제면에 제시된 SCI저널 수록 연구논문에 대한 인용에 초점을 맞추어왔다. EPO 심사관은 선행기술을 검토할 때 과학논문을 포함하는 비특허 문헌(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). 이와 관련하여, 유럽위원회에서 간행한 최근의 인용영향 통계(EC, 2003)의 경우 EPO 특허에 전적으로 의존하고 있는데, 이로 인해 기술분야에 대한 과학연관성의 크기와 동학을 모두 오도할 위험성이 있다.

2. 과학-기술 지식흐름과 인적요인의 역할

문서를 통한 인용흐름은 양방향적으로서, 연구논문이 특허를 인용하는 경우도 있다.²⁾ 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 지식연계 측정하고 평가하는 데 있어서 인적요인의 역할을 살펴보기로 한다.

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 형식지, 즉 코드화된 지식(codified knowledge)의 이전 및 활용 프로세스에서 중요한 대리인과 행위자를 정확하게 지적하는데

2) 최근의 실증연구에 따르면, SCI 데이터베이스의 연구논문의 1% 정보만이 USPTO 특허를 인용하고 있는 것으로 나타났다(Gränzel and Meyer, 2003).

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 세부사항을 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 있어서, 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.

III. 과학-기술지식 연계관계 분석의 관점과 방법론

1. 과학-기술지식 연계관계 분석의 관점

과학논문과 특허 간의 지식흐름을 통한 기술혁신과 과학지식 연계관계는 기술혁신의 분야,

기술혁신의 주제, 기술혁신의 속도 등의 관점에서 검토될 수 있다.

1) 기술혁신의 분야

과학과 기술 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. Narin et al.(1997)은 바이오기술 분야, Meyer(2005)는 나노기술 분야에서 과학지식과 기술분야 간의 연계특성을 분석하고 있고, Park and Kang(2009)은 6개 주요 기술분야에서 과학지식 흡수패턴의 차이를 분석하는 등 과학과 기술간 연계특성을 기술분야별 관점에서 다룬 여러 연구가 있다.

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 68,727건의 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 과학-기술 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 재분류한 OST/INPI/ISI 기술분류표를 개발하였다(OECD, 1994). 이 기술분류표는 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. 본고에서도 이 분류기준에 따라 분석을 수행하고자 한다.

2) 기술혁신의 주제

기술혁신의 주제인 인적요소에 의한 지식흐름은 과학논문 상호간, 특허 상호간 또는 과학논문과 특허간의 인용관계를 통해 가시화될 수 있다. 특허데이터를 이용하여 발명자 수준에서 과학지식과 기술혁신 간의 지식흐름을 파악할 수 있다. 기술혁신 주제인 발명자 또는 출원기관이 지니고 있는 배경은 과학논문과 특허 간의 지식흐름에 영향을 미친다. 발명자의 배경이 대학과 같은 학계

에 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. 이에 반해 기업 연구소에 근무하는 연구자는 과학논문보다 특허를 더 많이 인용하였다.

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

3) 기술혁신의 속도

과학적 지식이 신기술 발명이라는 기술혁신에 응용되기까지 지식이 흐르는 데는 많은 시간이 소요된다. 그리고 지식흐름의 발생빈도와 속도는 시간과 공간에 따라 달라진다. 또한 출원된 발명이 공개된 후 시간이 갈수록 특허에 의해 인용이 이루어진다.

보통 특허가 가장 많이 인용되기까지는 등록된 이후 5년 이상이 소요된다. 일반적으로 70% 이상의 특허가 전혀 인용되지 않거나 1~2회 인용될 뿐이다(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(Hall, Jaffe and Trajtenberg, 2001).

지식흐름의 속도에 관한 연구는 주로 특허와 특허 간의 인용시차를 대상으로 이루어졌으며, 특허와 과학논문간 인용시차를 측정한 연구는 아직 소수에 불과하다. Narin et al.(1997)이 바이오기술 분야의 특허와 생명공학 분야의 과학논문간 인용시차를 측정한 바에 따르면, 바이오기술과 관련된 특허의 경우 과학논문에 대한 인용시차가 과학논문과 과학논문 간의 인용에서 소요되는 시간만큼이나 짧았다.

2. 과학-기술 지식연계 분석 방법론

1) 과학-기술 지식연계 분석모델 및 연구가설

(1) 분석 모델

본 연구는 우리나라 기술혁신에 있어서 과학과 기술 간의 지식흐름 패턴이 기술분야와 학

신주체에 따라 어떻게 차이가 있는지를 분석하고자 하는 것으로서, 과학논문을 인용하고 있는 특허가 다른 특허로부터 받게 되는 인용빈도 및 인용시차 등을 이용하여 과학과 기술 간의 지식흐름에서 그 연계강도와 속도가 어떻게 관련되는지를 밝히고자 한다.

본 연구는 특허에 인용된 과학논문이 특허가 기초하고 있는 과학적 기반을 파악할 수 있게 한다는 이론적 전제를 기초로 한다. 특허가 다른 특허에 의해 인용된다는 것은 특허가 그만큼 가치를 지니고 있다는 것이며, 다른 특허로부터 받는 인용강도를 이용하여 지식흐름의 발생량을 파악할 수 있다. 이를 위해 먼저 기술혁신의 분야(기술분야)와 주체(기업, 대학, 연구소)를 설명변수로 설정한다. 그리고 미국특허청에 등록된 한국인특허에 인용된 과학논문 정보를 기초로 지식연계의 차이를 설명하기 위한 종속변수에는 과학연계지수로 표현되는 지식연계 강도와 과학지식의 최신성을 나타내는 논문-특허간 인용시차가 포함된다.

이 연구에서는 1990년부터 2006년까지 미국 특허청에 등록된 한국인 특허 가운데 과학논문을 인용하고 있는 특허를 분석대상으로 한다. 그리고 이들 특허가 과학논문을 얼마나 많이 인용하고 있으며, 얼마나 최신의 논문을 인용하고 있는지를 산출함으로써 과학지식과 기술지식 간의 연계관계를 분석한다.

(2) 연구가설

본연구에서는 안팎서 제시된 분석모델에서와 같이 한국인 특허가 출원된 시기와 기술분야, 그리고 특허출원 주체가 한국인 특허에 인용된 과학논문의 수와 과학논문의 최신성과 어떻게 관계가 있는지를 분석하기 위해 다음과 같은 가설이 고려될 수 있다.

- 가설 1. 기술혁신 분야별로 과학지식의 연계강도와 최신성은 차이가 있다.
- 가설 2. 기술혁신 주체별로 과학지식의 연계강도와 최신성은 차이가 있다.

가설 1은 설명변수인 한국인 특허의 기술분야에 따라 종속변수인 과학논문 인용횟수 및 과학논문의 최신성에서 어떻게 차이를 보이는지를 검증하는 것이며, 가설 2는 설명변수인 한국인 특허의 출원주체에 따라 종속변수인 과학논문 인용횟수 및 과학논문의 최신성이 어떻게 달라지는를 검증하는 것이다.

여기에서 과학논문 인용횟수는 특허에 인용된 논문으로서, 학술지에 수록된 전체논문의 수를 산출하며, 과학논문의 최신성은 과학논문의 발행년도와 이 과학논문을 인용한 특허의 출원년도를 계산한 과학논문과 특허 간의 인용시차를 측정하여 각각 사용한다.

2) 분석 데이터

(1) 데이터 수집방법

본 연구에서는 한국인이 출원한 미국특허에 인용된 과학논문을 이용하여 한국의 기술혁신에 있어서 기술혁신의 핵심적 중간 성과물인 특허를 중심으로 과학-기술 지식흐름의 기술혁신 연계특성을 규명하고자 한다. 이 연구를 위해 1990년부터 2006년까지 미국 특허청에 등록된 한국인출원 특허를 대상으로 하였다. 이 데이터를 기반으로 우선, 출원기관 또는 발명자의 국적이 한국으로 지정된 미국특허 44,561건을 미국특허 데이터베이스로부터 수집하였다. 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 당해특허 표제면(title page)에 수록되어 있는 비특허문헌을 수집하였다.

본 연구에서는 최종적으로 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 USPTO에 출원하여 등록된 미국특허의 표제면에 수록되어 있는 비특허문헌에는 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 NPL 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 NPL 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 서지 데이터베이스로부터 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 또

는 학술회의자료명, 권·호수, 수록 쪽수, ISSN 등을 입수하고, 학술지명과 학술회의자료명을 일관성있게 통일시켰다. 이러한 과정을 통해 1990년 이후의 특허에 인용된 과학논문의 서지 정보에 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 이용된다. 이러한 여러 가지 형태의 분석대상 데이터를 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 분석대상 데이터의 유형 요약

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 3.70건
D. 과학논문 인용 한국인특허	7,499	- B의 16.8% - C의 77.1%
G. 인용된 과학논문	22,304	- D의 1건당 2.97건 - F의 61.9%

이상의 자료에 대하여 기술분야(OST/INPI/ISI 6대 기술분류 기준)와 출원인 유형(기업, 대학, 연구소 등)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 전 기전자 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. 또한 이러한 결과는 기업과의 공동연구를 수행하고 특허권을 기업에 이전하는 경우가 많기 때문이기도 할 것으로 보인다.

〈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 대학이 출원한 특허의 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

IV. 우리나라 기술혁신에서의 과학-기술 지식연계 특성

1. 기술혁신 분야별 과학지식 연계특성

1) 기술혁신 분야별 과학-기술 지식연계 강도

우리나라 기술혁신이 분야별로 과학지식과 연계된 정도가 어떠한지에 대하여 과학연계지수 (Science Linkage)³⁾를 산출하여 살펴보면 〈표 4〉와 같으며, ANOVA 분석결과는 〈표 5〉와 같다.

이에 따르면, 화학·의약품·바이오기술이 전체기간 중 5.06으로 가장 높게 나타나고 있으며, 그 다음으로 도구 및 장치 분야와 공정기술 분야가 3.64와 3.42로 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이에 반해 전기전자(1.99)와 소비재 기술(1.84)은 가장 낮게 나타나고 있다.⁴⁾ 이러한 결과는 우리나라의 기술혁신에 있어서 화학, 의약품, 바이오 분야가 과학지식과의 상호작용이 가장 큰 기술분야이며, 당해분야 기술이 기초연구와 밀접한 관계가 있는 과학기반 기술분야임을 보여주는 것이다.

또한 기술혁신의 과학지식 연계성에 대하여 1990년대와 2000년대를 비교해보면 1990년대의 경우 2.14였는데 비해 2000년대에는 3.30으로 크게 높아졌음을 볼 수 있다. 이러한 현상은 6개 기술분야 모두에서 유사하게 나타나고 있다. 이는 우리나라 기술혁신이 2000년대에 들어 과거에 비해 더욱 과학지식 기반형으로 이루어지게 되었음을 추정할 수 있게 하는 결과이다.

〈표 4〉 기술혁신 분야별 과학지식 연계강도 분석결과

	N	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰구간		최소값	최대값	
					하한값	상한값			
1990 년대	전기전자	1,232	1,6431	.0932	.0027	1,6409	1,6513	1.33	1.71
	도구 및 장치	216	1,9815	.1448	.0099	1,9621	2,0009	1.43	2.07
	화학, 의약품, 바이오	463	3,5508	.7909	.0368	3,4785	3,6230	2.32	4.72
	공정기술	149	2,1678	.1925	.0158	2,1366	2,1989	1.25	2.28
	기계공학, 기계류	37	1,9730	1,0870	.1787	1,6106	2,3354	1.00	4.33
	소비재	6	1,0000	.0000	.0000	1,0000	1,0000	1.00	1.00
	합계	2,103	2,1408	.8693	.0190	2,1036	2,1779	1.00	4.72
2000 년대	전기전자	2,921	2,1410	.3068	.0057	2,1299	2,1522	1.76	2.62
	도구 및 장치	934	4,0268	.7281	.0238	3,9800	4,0735	2.63	4.43
	화학, 의약품, 바이오	1,059	5,7129	1,1468	.0352	5,6438	5,7821	2.54	6.35
	공정기술	376	3,9229	.9236	.0476	3,8292	4,0165	2.57	5.43
	기계공학, 기계류	90	2,5444	2,0973	.2211	2,1052	2,9837	1.00	11.25
	소비재	13	2,2308	.0693	.0192	2,1889	2,2727	2.00	2.25
	합계	5,393	3,3002	1,5921	.0217	3,2577	3,3427	1.00	11.25
전체 기간	전기전자	4,153	1,9942	.2327	.0036	1,9871	2,0013	1.67	2.36
	도구 및 장치	1,150	3,6426	.6529	.0193	3,6048	3,6804	2.44	4.02
	화학, 의약품, 바이오	1,522	5,0552	1,0529	.0270	5,0023	5,1081	2.63	5.81
	공정기술	525	3,4248	.7764	.0339	3,3582	3,4913	2.09	4.75
	기계공학, 기계류	127	2,3780	1,7480	.1551	2,0710	2,6849	1.29	11.25
	소비재	19	1,8421	.0382	.0088	1,8237	1,8605	1.83	2.00
	합계	7,496	2,9749	1,3847	.0160	2,9436	3,0063	1.29	11.25

3) 과학연계지수 혹은 과학기술연계지수(Science Linkage)는 특허에 담겨진 기술이 과학의 연구성과들과 얼마나 밀접한 관련을 맺고 있는가를 보여준다. 이 지수를 통해 어떠한 국가나 기업이 해당 산업부문에서 선도적인 위치에 있으며, 기초연구 또는 원천기술의 개발에 주력하고 있는가를 간접적으로 살펴볼 수 있다. 구체적으로 이 지수는 국가, 기술분야, 기업 등에 대한 특허 1건당 인용된 평균 과학논문 수(전체 특허에 인용된 과학논문의 수/전체 등록특허의 수)로 측정된다. 과학연계지수는 국가나 기업의 첨단기술수준 또는 과학집중도를 나타내는 척도이다. 과학연계지수가 높다는 것은 기술이 과학적 발전에 기초하여 개발되고 있음을 나타낸다(Narin and Olivastro, 1992).

4) 미국특허청(USPTO)에 특허를 등록한 주요 기업을 대상으로 1998-2002년 기간 중 업종별 과학기술연계지수를 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).

〈표 5〉 기술혁신 분야별 과학지식 연계강도 분산분석표

		제공합	자유도	평균제공	F	유의확률
1990 년대	집단-간	1236.375	5	247.275	1472.268	.000
	집단-내	352.202	2097	.168		
	합계	1588.577	2102			
2000 년대	집단-간	10794.625	5	2158.925	4048.808	.000
	집단-내	2872.482	5387	.533		
	합계	13667.106	5392			
전체 기간	집단-간	11269.285	5	2253.857	5442.362	.000
	집단-내	3101.850	7490	.414		
	합계	14371.135	7495			

2) 기술혁신 분야별 과학-기술 지식연계 시차

기술혁신이 기반을 둔 과학지식의 최신성도 기술분야에 따라 다를 수 있을 것이다. 이는 특허에 인용된 과학지식의 발생시기를 분석함으로써 규명할 수 있다. 본 연구에서는 1990년부

〈표 6〉 기술혁신 분야별 논문-특허간 시차(과학지식 최신성) 분석결과

		N	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰구간		최소값	최대값
						하한값	상한값		
1990 년대	전기전자	2,027	6.00	5.644	.125	5.75	6.24	-4	47
	도구 및 장치	428	7.28	7.013	.339	6.62	7.95	-2	56
	화학, 의약품, 바이오	1,644	9.67	9.246	.228	9.22	10.11	-2	72
	공정기술	323	7.84	7.959	.443	6.97	8.71	-1	54
	기계공학, 기계류	73	7.18	6.203	.726	5.73	8.63	0	34
	소비재	6	13.33	8.892	3.630	4.00	22.66	2	24
	합계	4,501	7.62	7.631	.114	7.40	7.84	-4	72
2000 년대	전기전자	6,243	5.58	5.357	.068	5.44	5.71	-3	73
	도구 및 장치	3,759	6.72	5.707	.093	6.54	6.90	-3	69
	화학, 의약품, 바이오	6,079	8.51	9.536	.122	8.27	8.75	-4	111
	공정기술	1,438	6.45	6.988	.184	6.09	6.81	-3	58
	기계공학, 기계류	229	6.64	6.543	.432	5.79	7.49	-3	31
	소비재	29	3.24	3.334	.619	1.97	4.51	-1	12
	합계	17,777	6.90	7.356	.055	6.79	7.01	-4	111
전체 기간	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

터 2006년까지 미국특허청에 등록된 한국인 특허의 출원시점과 인용된 과학논문의 발표시점 간의 시차를 계산하였으며, 그 결과는 <표 6>과 같다. 또한 이에 대한 ANOVA 분석결과는 <표 7>과 같다. 이에 따르면, 화학·의약품·바이오 기술이 8.75년으로 가장 길게 나타나고 있으며, 전기전자와 소비재 기술은 가장 짧게 나타나고 있다. 즉, 전기전자 분야의 경우 평균적으로 보다 최근에 발표된 논문을 인용하고 있어서 다른 분야에 비해 최신의 과학지식을 기술 혁신에 활용하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 그리고 이러한 시차는 대부분의 기술분야에 있어서 1990년대에 비해 2000년대의 경우 모두 짧아진 것으로 나타나고 있다.

<표 7> 기술혁신 분야별 논문-특허간 시차(과학지식 최신성) 분산분석표

		제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
1990 년대	집단-간	12501.427	5	2500.285	45.034	.000
	집단-내	249561.396	4495	55.520		
	합계	262062.824	4500			
2000 년대	집단-간	27464.894	5	5492.979	104.465	.000
	집단-내	934431.255	17771	52.582		
	합계	961896.148	17776			
전체 기간	집단-간	38665.320	5	7733.064	145.079	.000
	집단-내	1187147.967	22272	53.302		
	합계	1225813.287	22277			

2. 기술혁신 주체별 과학지식 연계특성

1) 기술혁신 주체별 과학-기술 지식연계 강도

기술혁신이 발생하는 분야에 따라 과학지식 연계특성이 차이가 남과 동시에 발명자의 소속 기관, 즉 기술혁신 주체별로 특허활동의 패턴은 다른 것으로 나타나고 있다. 기존의 해외 연구 결과에 따르면 대학이 출원한 특허는 기업이 출원한 특허보다 과학논문을 더 많이 인용하는 경향이 있는 것으로 나타나고 있다(Meyer, 2002). 한국인 특허를 대상으로 기술혁신 주체별 과학연계지수를 분석한 결과는 <표 8>과 같으며, ANOVA 분석결과는 <표 9>와 같다. 여기에서 볼 수 있는 바와 같이 한국의 기술혁신에 있어서도 이러한 경향은 명확하게 나타나고 있다. 대학의 경우 7.59로서, 기업이 2.89, 연구소가 2.69인데 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(1.89)에 비해 2000년

대(3.28)에 과학논문 인용정도가 현저하게 높아진 데 기인하고 있다. 이처럼 기업의 특허출원에서 과학논문 인용이 늘어난 것은 기업의 기초연구에 대한 투자가 점차 증대되어 왔고, 대학과의 공동연구도 지속적으로 강화되기 때문인 것으로 짐작된다.⁵⁾

〈표 8〉 기술혁신 주체별 과학지식 연계강도 분석결과

		N	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰구간		최소값	최대값
						하한값	상한값		
1990 년대	기업	1,526	1.8919	.7643	.01957	1.8535	1.9303	1.00	4.09
	대학	12	7.5825	7.7803	2.2460	2.6392	12.5258	1.00	18.00
	연구소	513	2.7534	.9473	.04183	2.6712	2.8356	1.00	8.00
	합계	2,051	2.1407	1.1388	.02515	2.0914	2.1900	1.00	18.00
2000 년대	기업	3,798	3.2849	1.6629	.0270	3.2320	3.3378	1.00	7.15
	대학	147	7.5916	5.2646	.4342	6.7334	8.4497	1.00	17.13
	연구소	1,239	2.6522	1.1093	.0315	2.5904	2.7140	1.00	5.95
	합계	5,184	3.2558	1.9291	.0268	3.2033	3.3083	1.00	17.13
전체 기간	기업	5,324	2.8868	1.4090	.0193	2.8489	2.9246	1.00	7.00
	대학	159	7.5909	5.1716	.4101	6.7808	8.4009	1.00	16.12
	연구소	1,752	2.6868	.9985	.0239	2.6400	2.7335	1.00	5.91
	합계	7,235	2.9417	1.6672	.0196	2.9033	2.9801	1.00	16.12

〈표 9〉 기술혁신 주체별 과학지식 연계강도 분산분석표

		제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
1990 년대	집단-간	642.385	2	321.193	326.249	.000
	집단-내	2016.257	2048	.985		
	합계	2658.642	2050			
2000 년대	집단-간	3218.076	2	1609.038	518.779	.000
	집단-내	16069.314	5181	3.102		
	합계	19287.390	5183			
전체 기간	집단-간	3566.696	2	1783.348	779.782	.000
	집단-내	16539.461	7232	2.287		
	합계	20106.157	7234			

2) 기술혁신 주체별 과학-기술 지식연계 시차

한편 기술혁신 주체에 따라 과학과 기술간의 지식연계 시차, 또는 기술지식이 기반을 둔 과학지식의 최신성의 차이를 분석하였다. 1990년부터 2006년까지 미국특허청에 등록된 한국인 특허가 출원된 시점과 인용된 과학논문이 발표된 시점 간의 시차를 출원인 유형별로 계산하였

5) 이러한 추세는 교육과학기술부·한국과학기술기획평가원의 연도별로 발간하는 「연구개발활동조사보고서」를 통해서도 확인될 수 있다.

으며, 그 결과는 <표 10>과 같다. 또한 ANOVA 분석결과는 <표 11>과 같다. 이에 따르면, 대학이 전체기간에 대하여 7.54년으로, 기업(6.98년)이나 연구소(6.95년)에 비해 상대적으로 긴 것으로 나타나고 있다. 그리고 이러한 시차는 기업과 연구소의 경우 1990년대에 비해 2000년대의 경우 공히 짧아진 것으로 나타나고 있다.

<표 10> 기술혁신 분야별 논문-특허간 시차(과학지식 최신성) 분석결과

		N	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰구간		최소값	최대값
						하한값	상한값		
1990 년대	기업	2,885	7.46	7.338	.137	7.19	7.73	-2	72
	대학	91	6.35	5.654	.593	5.17	7.53	0	21
	연구소	1,412	7.97	8.263	.220	7.54	8.41	-4	71
	합계	4,388	7.60	7.622	.115	7.38	7.83	-4	72
2000 년대	기업	12,461	6.86	7.591	.068	6.73	7.00	-4	111
	대학	1,115	7.63	6.606	.198	7.24	8.02	-2	52
	연구소	3,284	6.51	6.428	.112	6.29	6.73	-3	60
	합계	16,860	6.85	7.320	.056	6.73	6.96	-4	111
전체 기간	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	7.062	.103	6.75	7.15	-4	71
	합계	21,248	7.00	7.389	.051	6.90	7.10	-4	111

<표 11> 기술혁신 주제별 논문-특허간 시차(과학지식 최신성) 분산분석표

		제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
1990 년대	집단-간	394.689	2	197.345	3.400	.033
	집단-내	254500.923	4385	58.039		
	합계	254895.613	4387			
2000 년대	집단-간	1062.984	2	531.492	9.930	.000
	집단-내	902211.596	16857	53.521		
	합계	903274.580	16859			
전체 기간	집단-간	366.429	2	183.215	3.356	.035
	집단-내	1159807.488	21245	54.592		
	합계	1160173.917	21247			

V. 결론 및 시사점

1. 분석결과의 요약 및 검토

특허인용 관련 통계가 국제적인 비교목적으로 사용되고 있다는 것은 고무적이라고 할 수

있다. 이러한 특허의 논문인용 분석은 분명히 과학-기술 인터페이스 내에서 지식흐름의 패턴을 분석하는 흥미로운 방법이지만, 총량수준의 타당성 있는 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.

본 연구에서는 우리나라 기술혁신 과정에서 과학기술 지식의 연계특성을 미국특허청에 등록된 한국인 특허를 이용하여 기술혁신 분야와 주체별로 분석하였다. 먼저, 기술혁신 분야별로 보면, 화학·의약품·바이오기술이 분석대상 기간 중 5.06으로서 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 2.14였는데 비해 2000년대에는 3.30으로 크게 높아진 것으로 나타나고 있는데, 이는 2000년대에 들어 1990년대에 비해 더욱 과학지식 기반형으로 이루어져온 것으로 판단할 수 있게 해준다.

그리고 이러한 분야별 기술지식의 창출이 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 7.59로서 기업이 2.89, 그리고 연구소가 2.69인데 비해 월등히 높은 것으로 분석되고 있다. 또한 기업이나 연구소에 의한 기술혁신이 대학에 비해 보다 더 최신의 과학지식에 기반을 두고 있는 것으로 나타나고 있다.

2. 연구의 한계와 시사점

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(미국 UPSTO, 유럽 EPO 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. 본고에서도 이 문제는 충분히 해결되지 못하였으며, 향후 연구주제로 넘길 수밖에 없다는 점을 언급하고자 한다.

지식창출과 지식흐름 지표의 개발은 학계연구에서 비교적 중요한 위치를 차지하고 있고 정책적 관심과 재정지원을 끌어들이었지만, 과학관련 혁신역량에 관한 지표에는 관심이 훨씬 적

다. 이는 혁신과정 초기단계에서 인적요인이 주된 역할을 하고, 지속적인 경제발전을 위해 지적자본과 인적자본의 현재상태가 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 산업 관련 분야 내에서 과학-기술 인터페이스에서 활동하는 R&D 인력과 발명자의 역할에 대한 더 나은 프로세스의 이해에 기여할 수 있다.

한편, 본 연구에서는 한국인이 미국 특허청에 출원한 특허를 기초로 과학지식과의 연계관계를 기술혁신 주제와 연계시차를 고려하여 분석하였다. 이러한 분석결과는 자료수집의 한계 등으로 한국인의 특허를 대상으로 하고 있으나, 그 연계특성은 유사분야의 타 연구결과와 비교할 때 우리나라 기술혁신의 특수성을 드러내지는 않는 것으로 분석되고 있다. 이러한 점은 우리의 기술혁신 활동이 범세계적인 추세를 반영하고 있고, 세계적인 연구활동과 기술개발 과정에 통합되어 가고 있는 것으로 해석된다고 할 수 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 측면에서 폭넓게 받아들여지는 주요지표로 사용하기 위한 가능성 측면에서 부족한 지표라고 할 수 있다. 진정한 혁신관련 통계의 발전을 위해서는 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

- 교육과학기술부·한국과학기술기획평가원 (2010), 2010년 연구개발활동조사보고서.
 노경란 (2006), 특허분석을 통한 과학기술자의 과학논문 인용행태에 관한 연구, 연세대 박사

학위논문.

- 박현우·이창환·여운동 (2008), “과학기술 지식흐름의 산업연계 파급경로 분석”, 기술혁신학회지, 제11권 제1호, 한국기술혁신학회, 91-117.
- 한유진·박현우 (2007), “기술혁신을 위한 특허와 논문지식 흐름의 역할”, 지식재산연구, 제2권 제2호, 한국지식재산연구원, 71-91.
- 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.
- 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.
- Gränzel, W. and M. Meyer (2003), “Patents cited in the scientific literature: an exploratory study of ‘reverse’ citation relations”, *Scientometrics*, 58.
- 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.
- Karki, M (1997), “Patent Citation Analysis: A Policy Analysis Tool”, *World Patent Information*, 19(4), 269-272.
- Martin, B. and J. Irwin (1989), *Research Foresight: Priority Setting in Science*, London: Printer.
- 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.
- Narin, F. and A. Breitzaman (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.
- Narin, F. and D. Olivastro (1992), “Status Report: Linkage between Technology and Science”, *Research Policy*, 21(3), 237-249.
- OECD (1994), *The Measurement of Scientific and Technological Activities - Using Patent Data as Science and Technology Indicators*, Patent Manual, Paris: OECD.
- OECD (2002), *Science, Technology and Industry Outlook*, 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.
- Pavitt, K. (1998), *Do Patents Reflect the Useful Research Output of Universities?* SPRU: Electronic Working Paper Series, No.6.
- Tijssen, R. J. W. (2002), “Science dependence of technologies: evidence from inventions and their inventors”, *Research Policy*, 31(4), 509-523.
- 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.

박현우

홍익대학교에서 경영학박사, 고려대학교에서 이학박사를 취득하였다. 산업기술정보원 부연구위원, San Francisco 주립대 객원연구원, 캘리포니아대학(Santa Cruz) 연구교수를 거쳐, 현재 한국과학기술정보연구원 책임연구원으로 재직중이다. 연구분야는 기술혁신경영, 과학계량분석, 기술가치평가 등이며, 당해분야에서 저서 약 10편, 연구보고서 약 20편, 국내외 학술지 게재논문 약 50편 등이 있다.

손종구

현재 한국과학기술정보연구원 산업정보분석실장으로 재직중이다. 한국기술가치평가협회 강사, 명지대, 관동대 강사, 기술표준원 우수품질(EM마크) 인증 평가위원, 한국농촌경제연구원 경제성평가 자문위원 등으로 활동중이다.

유연우

현재 한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원 주임교수로 재직중이다. 해외건설협회와 중소기업기술정보진흥원에 재직하였으며, 지식경제부 지식서비스분과 기획전문위원, 서울산업통상진흥원 운영위원 등으로 활동중이다.