

# 과학기술 지식흐름과 기술혁신 추세분석: 지식흐름 분석모델의 탐색적 연구

A Trend Analysis of Technology Innovation based on the Knowledge Flow of  
Science and Technology

박 현 우\* 한국과학기술정보연구원 책임연구원 (hpark@kisti.re.kr)

## ABSTRACT

This paper is an exploratory study to analyze the flow of knowledge in science and technology in order to predict technology innovation. Here, we need to look into the characteristics of how knowledge is created in science, technology and industry to start with. Based on the characteristics we find, we have to understand the relationships between science, technology and industry, and construct a model to link them to each other for future empirical studies. In this study, we take a general view of the existing study results and theoretical models on the characteristics and linkage of scientific and technological knowledge. Moreover, we examine the preliminary framework to link science to technology to industry for further study on the knowledge flow of science and technology. Finally, we present the direction for future study by using the examined models and framework.

*Keywords : Knowledge Flow, Science Linkage, Scientific Knowledge, Technology Innovation*

## I. 서 론

과학기술은 기술혁신이라는 복합적 과정을 통해 경제발전이 기여하고, 궁극적으로 인간의 삶을 풍요롭게 만들어주는 원천이 되고 있다. 과학기술이 경제발전이 미치는 영향에 대해서는 이미 많은 연구(Nelson and Winter, 1982; Freeman, 1994; Grupp, 1998)에서 제시되고 있고, 이러한 관계는 기술-경제 패러다임(techno-economic paradigm)으로 해석되고 있다.

그러나, 과학, 기술, 경제는 각각의 본연적 목적이 차별화되며, 그 활동 주체 역시 과학자, 기술자, 기업이라는 다른 형태로 구성되어 있어, 이들 간의 관계를 체계적으로 분석하기 위한 연결고리를 찾는 일은 쉽지

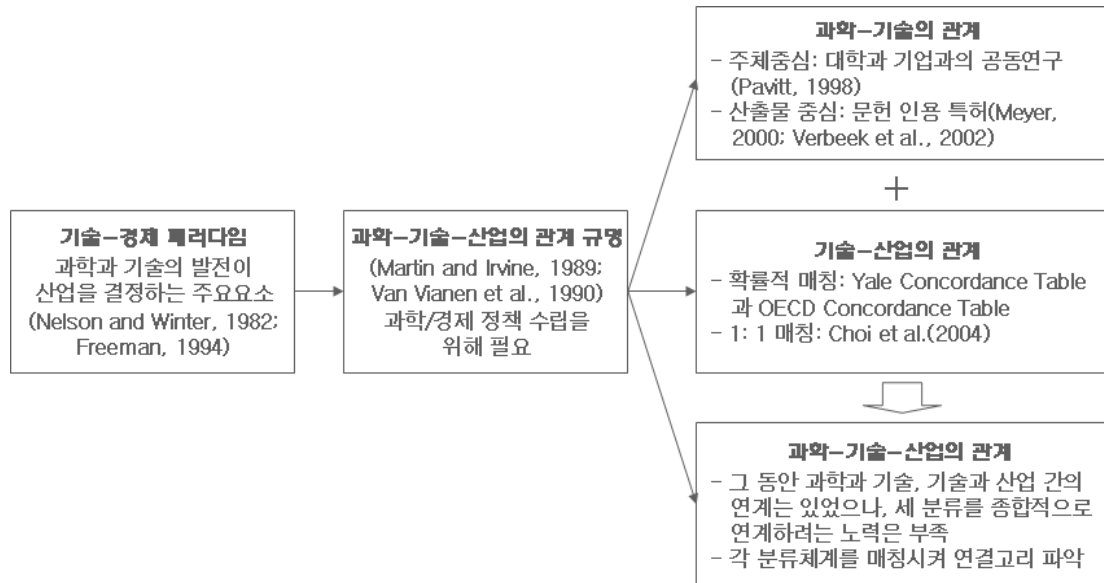
않은 것으로 인식되어 왔다. 그럼에도 불구하고, 이들 간에 상호의존적 관계를 밝혀냄으로써 향후 과학기술 정책을 모색하려는 노력은 지속되었다(Van Vianen et al., 1990). 특히 과학과 기술의 연계관계가 점점 강화됨에 따라(Martin and Irvine, 1989), 이들 간의 관계가 어떤 형태(morphology)를 띠는지에 대해 연구가 본격적으로 이루어지게 되었다.

그 대표적인 예는 선형모형(Kline and Rosenberg, 1986; Autio et al., 2004)이라고 할 수 있다. 이 모형은 과학이 기술을 푸쉬하는 형태로 묘사를 해왔으나, 현실을 정확히 반영하고 있지 못하다는 비판을 받아왔다(Narin, 1994; Narin et al., 1997). 그 이유는 첫째, 과학이 언제나 선행되고, 그에 이어 기술이 출현하는 것은 아니며(Mowery, 1983), 둘째 기술마다 과학에 대한 의존성이 다르다는 것이었다(Arundel et al., 1995).

이후 Kline and Rosenberg(1986)가 사슬 모형을 제

\* 제1저자

논문접수일: 2006년 9월 19일; 게재확정일: 2006년 11월 27일



<그림 1> 과학-기술-산업 연계의 필요성과 방법

안하였지만, 이 역시 정확한 현실 반영의 한계를 보여 타당성에 많은 의심을 받았다. 따라서 최근의 경향은 과학과 기술의 상호작용 모형을 보다 더 타당한 것으로 받아들이고 있다(Rosenberg, 1990).

상호작용 모형의 출현 이후, 과학, 기술, 산업간의 관계를 규명하려는 노력은 각국에서 진행되었다. 몇몇 연구는 과학과 기술의 측면에서, 어떤 연구는 기술과 산업 측면에서, 또 다른 연구는 과학과 산업의 측면에서 관계를 밝히고자 하였다. 그러나, 하나의 과학(과학지식 또는 과학연구 결과)이 하나의 기술, 산업에 연계되지 않고, 기술 또한 하나의 산업에 연계되지 않아, 이들 간의 관계를 전체적으로 조명할 수 있는 틀은 적절히 제시되고 있지 못한 상태이다. 더욱이 국가 수준에서 오랫동안 축적되고 분류된 과학, 기술, 산업관련 정보가 존재하지 않아, 거시적 측면의 ‘큰 그림’을 그리려는 노력이 부족할 수밖에 없었다.

과학, 기술, 산업의 관계는 매우 복잡하고, 시간에 따라 변하기 때문에 세 차원을 묶어 하나의 모델을 만드는 것은 사실상 불가능하다고 할 수 있다(Gibbons et al., 1994; Sirilli, 1998). 그러나, 각각의 분류기준에 의해서 나누어진 과학, 기술, 산업을 연계하는 것은 과

학과 기술, 기술과 산업, 더 나아가 과학-기술-산업에 어떠한 관계가 있는지를 파악하는데 출발점이 되는 점은 부인할 수 없다고 할 수 있다.

그동안 과학과 기술, 기술과 산업 간의 관계를 분석한 연구는 있었지만 과학-기술-산업을 전체적으로 조망한 연구는 없었으며, 적절한 방법론이나 분석모델이 제시되지 못하고 있기 때문에, 본 논문에서는 과학, 기술, 산업을 종합적으로 분석하기 위한 모델을 제시하고자 한다. 이와 같은 과학-기술-산업 연계의 필요성과 방법은 <그림 1>과 같이 나타낼 수 있으며, 본 고에서는 특히 과학, 기술, 산업 간의 연계를 위한 방법론에 대해 보다 구체적으로 검토하기로 한다.

기존지식의 흡수와 활용, 새로운 지식의 창출을 위한 지식의 제공 등 지식흐름의 관계를 분석하기 위해 인용분석을 적용하며, 지식흐름의 복합적 현상을 분석하기 위해 네트워크 분석을 고려하고자 한다. 이러한 분류연계와 분석방법론을 기초로 과학과 기술, 산업간 지식흐름의 연계구조 규명을 통한 기술혁신 추세분석의 기본적인 틀을 제시하고자 한다.

## II. 기술혁신과 과학기술 지식생성

### 1. 기술혁신과 과학기술의 특징

과학기술은 연구개발을 통해서 새롭게 혁신되어 신기술의 형태로 존재하기도 하고 진부화되어 사라지기도 한다. 기존의 과학기술 지식은 연구개발이라고 하는 체계적인 활동에 의해 끊임없이 종합되거나 변경되고, 또 추가되면서 진화하게 된다. 과학기술의 변화는 이론의 형태로서 진화하기도 하지만 인간이 사용하는 도구나 일에 스며들어 제품이나 서비스의 형태로 진화하기도 한다.

과학기술 지식을 활용하여 제품이나 서비스를 창출하는 기업은 생산활동의 과정에서 예상치 못한 문제들에 직면하게 된다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 기업은 인간의 지능을 조직적으로 활용하여 문제를 해결하기도 하고, 새로운 사실을 발견하기도 하며, 때로는 기존의 방식과는 전혀 다른 생산방식을 도입하기도 한다. 이 과정에서 처음으로 기존 기술지식을 변화시키는 주체를 혁신자, 혹은 혁신기업이라고 하며, 이러한 활동을 기술혁신(technological innovation)이라고 한다.

이러한 기술혁신 과정에서 나타나는 여러 가지 다양한 현상은 대체로 과학지식 또는 기술지식의 흡수와 활용 등 지식흐름이라는 현상을 본질적으로 포함하게 된다. 결국 기술혁신의 현상은 과학기술 지식흐름의 구조를 파악함으로써 이해할 수 있는 근거가 생기는 것이다.

일찍이 Price(1965)는 “과학은 문서로 표현하려 하고 (papyrocentric), 기술은 문서로 표현되기를 꺼려한다 (papyrophobic)”라고 하였다. 이와 같은 문서에 대한 과학과 기술의 특성, 달리 말해 ‘과학자’와 ‘기술자’의 대조되는 특성은 이들의 활동을 촉진시키는 궁극적인 목적이 다르다는 사실에 기인한다. 즉, 과학자는 자신이 속한 커뮤니티에서 명성(reputation)을 얻고 자신의 존재를 인식(recognition)시키는 것을 목적으로 하고 있다면, 기술자는 소유할 수 있는 기술이나 프로세스를

구성하고 디자인하는 데 목적을 두고 있다. 따라서 과학자는 논문이라는 매개체를 통해 자신의 지식을 전달하려는 경향이 강하고,<sup>1)</sup> 기술자는 특허라는 제도를 통해 자신의 지식이 보호받기를 원한다(Meyer, 2002).

과학은 일반화와 재실험이 가능하며, 논문이라는 매개체를 통해 보여질 수 있는 반면, 기술은 연구, 개발, 테스트, 생산, 운영 과정에서 개발되어 특허로 출원되거나 기업 내에 비밀로 남겨진다. 따라서 과학적 실험과 기술의 개발을 이끄는 주체도 다를 수밖에 없는데, 일반적으로 공공기관인 대학 및 정부 연구소에서는 장기적인 목적을 가지고 과학에 투자를 많이 하고, 기업은 비교적 단기적인 성과를 목표로 기술에 투자를 많이 한다. 이 때문에 과학은 공공성을 가지는 반면, 기술은 사유성을 가지게 되는 것이다.

### 2. 과학, 기술, 산업의 지식생성

#### 2.1 과학

초기 과학적 연구는 대규모 국가 프로젝트에서 시작되어 왔으며, 현재에도 주로 대학과 정부 연구소 등에서 이루어지고 있다(Bozeman and Crow, 1991; Bozeman, 2000). 이처럼 과학적 연구가 대부분 대학과 정부 연구소를 중심으로 이루어지고 있으므로, 산출물인 논문이 기업보다는 대학과 정부 연구소를 중심으로 나오고 있다(Hicks, 1995).

1) 과학자가 과학활동을 할 때 필요한 것은 저널 공동체(학술전문지 공동체)로서, 이는 전문지의 편집투고조사활동을 하는 커뮤니티를 말한다(藤垣, 1995, 2003). 과학자의 활동을 기술할 때 저널 공동체에 주목하여 ‘학술논문’을 분석대상으로 사용하는 것은 다음과 같은 이유들에 근거한다. 첫째, 과학자의 업적은 주로 전문지에 인쇄되어 ‘출판’(publish)됨으로써 평가된다. 둘째 과학자에 의해 생산된 지식은 신뢰할 수 있는 전문지에 ‘게재허락’(accept) 됨으로써 옳다는 것이 보증된다. 셋째 과학자의 후진 양성은 우선 이런 종류의 전문지에 게재될 수 있는 논문을 작성하는 교육으로부터 시작된다. 넷째, 과학자의 다음 예산획득과 지위획득(연구예산, 연구인력, 연구환경 등 사회적 측면의 획득)은 주로 이 저널 공동체에 게재된 논문의 양과 질을 중심으로 이루어진다(藤垣 外, 2004, pp.5-6).

<표 1> 과학-기술-산업 지식생성의 특징

|         | 과 학                               | 기 술  | 산 업                                       |
|---------|-----------------------------------|--|---|
| 지식생성 동기 | • 호기심에 의한 발견                      | • 신제품-공정의 개발                                   | • 기업의 수익추구                                |
| 지식생성 주체 | • 과학자<br>• 대학, 공공 연구소             | • 기술자<br>• 기업 연구소                              | • 기업가, 산업분석자<br>• 기업                      |
| 지식생성 목적 | • 소속 커뮤니티에서 명성 확보<br>• 자신의 존재를 인식 | • 소유가능한 기술이나 프로세스를 구성하고 디자인<br>• 제도를 통해 지식을 보호 | • 회계보고 등 제도적 강제<br>• 기업전략 수립<br>• 산업시장 분석 |
| 지식표현 특성 | • 문서화 경향                          | • 문서화 거부 경향                                    | • 제한적 문서화                                 |
| 지식생성 형태 | • 학술논문                            | • 특허<br>• 영업비밀(노하우)                            | • 생산실적, 재무자료 등<br>• 기타 다양한 형태             |
| 지식활용 특성 | • 공공성                             | • 사유성<br>• 암묵성                                 | • 사유성<br>• 부분적 공공성                        |
| 지식축적 형태 | • 체계적/누적적(과학문헌 DB)                | • 체계적/누적적(특허 DB)<br>• 비체계적(암묵지)                | • 비체계적/비누적적<br>• 비누적적                     |

그러나, 점차 공공부문의 연구에도 기업의 자본이 투입되면서(Crow and Bozeman, 1987; Behrens and Gray, 2001), 많은 대학과 기업들이 공동연구를 진행하고 있다(Mansfield and Lee, 1996; Cohen et al., 1998; Meyer-Krahmer and Schmoch, 1998). 이는 대학 연구의 기초성(basicity)을 감소시키고, 대신 특허출원을 증가시키는 주요 요인이 되고 있다(Thursby and Thursby, 2000).

### 2.2 기 술

기술개발은 초기의 목적이 호기심에 의한 발견에 있다기보다 신제품이나 공정의 개발을 목표로 한다. 따라서 과학에 비해서는 일반화의 범위가 좁고, 사유화하려는 경향이 강하다. 기술개발의 주체는 대학이나 정부 연구소보다는 기업들이 중심을 이루며(Pavitt, 1998), 기술적 산물은 주로 특허로 표현된다(Meyer, 2002). 그러나, 중요한 기술의 경우에는 영업비밀로 감춰져, 과학보다 훨씬 더 사유성과 암묵성이 강한 지식이 되기도 한다.

그렇지만, 기업이 기술만을 개발하는 것은 아니며, 과학적 지식이 바탕이 되는 기술 지식이 필요한 경우

에는 과학적 연구에 투자를 하여 그 성과물로 상당수의 논문을 내기도 한다(Hicks, 1995; Hicks et al., 1996; Godin, 1995, 1996; Tussen et al., 1996).

### 2.3 산 업

산업은 기술혁신이 실현되는 장으로서, 산업활동의 주체는 당연히 기업이다. 산업활동은 기술을 활용하여 제품을 생산하고 이를 판매함으로써 수익을 창출하는 과정을 거친다. 산업지식은 이러한 산업활동의 과정에서 다양한 형태로 창출된다. 즉, 생산 활동과 관련된 지식, 마케팅 활동과 관련된 지식, 재무실적과 관련된 지식 등 일일이 열거하기 어려울 정도로 다양한 지식이 여러 가지 형태로 발생한다. 그럼에도 불구하고 이러한 지식의 축적은 대부분 체계적으로 이루어지지 않는다는 것이 특징이다.

따라서, 산업지식을 담고 있는 산업정보는 체계적으로 축적된 자료(data set)가 매우 부족할 뿐만 아니라, 데이터베이스의 성격이 과학계량학적 분석을 적용하기에 매우 부적합하다. 즉, 산업정보 데이터베이스는 논문이나 기술, 특허 데이터베이스와 달리, 저자나 국가 정보가 거의 의미가 없으며, 정보의 누적성 또한 큰 의

미를 갖지 못한다.<sup>2)</sup> 또한 산업정보 또는 산업적 지식의 분석은 다양한 사회현상과 밀접하게 연관되어 있기 때문에 시스템화된 양적 방법론을 적용하기가 매우 어렵다.

### III. 과학, 기술, 산업의 지식연계

#### 1. 과학, 기술, 산업의 연계관계

##### 1.1 과학과 기술의 연계

과학과 기술은 각기 다른 목표를 추구하기는 하지만, 동시에 서로 밀접한 관계를 가진다(Gibbons and Johnston, 1974; Narin and Noma, 1985; Jaffe, 1989; Brooks, 1994; Mansfield, 1995; Van Raan, 1998). 그러나, 과학이 기술개발 전체에 영향을 미치지 못하는 것, 이는 일부일 뿐이다(Howells, 1996; Rosenberg, 1990). 이러한 현상은 기술/산업별로 확연한 차이를 드러내는데, 예를 들어 제약과 바이오테크 산업은 기초과학 의존도가 매우 높지만(Carpenter and Narin, 1983; Malo and Geuna, 2000; Meyer, 2000), 플라스틱, 기계, 자동차 산업은 그렇지 않다(Arundel et al., 1995). 이를 Grupp and Schmoch(1992a; 1992b)는 기술의 과학 의존도라고 하였다.

Brooks(1994)는 과학과 기술이 서로 어떻게 의존하고 있는지를 여섯 가지로 요약하고 있다. 첫째, 과학은 직접적인 기술개발에 도움이 되며, 둘째 과학은 기술적 디자인의 타당성에 대한 평가의 기초가 된다. 셋째, 과학적 연구 방법, 실험실 기법, 분석 방법들이 매개적인 요소로 산업에 사용되고, 넷째 새로운 인적 자원의 능력이 융합되어 개발의 원천이 된다. 다섯째, 더 넓은 사회적 영향 측면에서 기술을 평가할 수 있게 하며, 여

섯째 응용연구, 개발, 기술의 개량을 위한 지식 기반이 될 수 있다.

또한 Brooks(1994)에 따르면, 과학만이 기술에 영향을 미치는 것이 아니라 기술 또한 과학에 크게 두 측면에서 영향을 준다고 한다. 첫째, 과학적 의문에 대한 기반이 되어 과학적 의제를 창출하고, 둘째 독창적이고 어려운 과학적 문제를 효율적으로 대답하기 위해 필요한 기법과 테크닉의 소스가 된다.

과학과 기술의 관계에 대한 초기 정성적 연구는 Price(1965)가 대표적이며, 그 이후 많은 정량적인 연구가 시도되었다. 과학과 기술 간의 의존도를 알아보기 위해서 Pavitt(1998)은 대학과 기업이 공저한 논문에서 대학을 과학지식의 공급자로 보고, 기업을 기술지식의 공급자로 간주하여 과학-기술의 연계관계를 찾고자 하였다. 또한 특허에서 문헌 인용정보를 대상으로 과학과 기술의 관계를 규명하려고 한 연구들도 있다(Schmoch, 1993; Narin et al., 1997; Meyer, 2000; Verbeek et al., 2002).

그러나, 이러한 연계에 대한 연구는 특정 기술이나 산업을 대상으로 한 제한된 연구가 대부분이었다. 그 이유는 과학과 기술의 관계에 복잡성이 존재하기 때문이다. Williams(1986)는 최소한 세 가지 측면에서 이러한 복잡성이 있다고 지적하였다.

첫째, 기초과학으로부터의 지식의 직접적 흐름이 산업이나 과학 분야별로 다르기 때문에 일반화하기가 어렵다는 것이다. 예를 들어, 생물학과 화학/제약 산업은 밀접한 관계에 있고, 전자 산업도 어느 정도 관련이 있지만, 기계나 자동차 산업과는 관계가 미약하다.

둘째, 기초연구가 기술에 미치는 영향의 본질은 전기, 합성 물질, 반도체와 같이 파급효과가 큰 새로운 기술을 창출하는 것으로부터 루틴한 화학 분석에까지 다양하다는 것이다(Rosenberg, 1985).

셋째, 과학적 지식은 과학자와 기술자의 직접적 접촉이 아니더라도 기술, 방법, 기구를 통해 체화되어 전해지기 때문에 추적하기가 어렵다는 것이다(Gibbons and Johnston, 1974; Pavitt, 1987). 따라서 Freeman

2) 산업지식과는 대조적으로 과학기술 관련 지식은 일반적으로 논문, 책, 보고서 등이 포함된 명시화된 형식지의 형태로 발표되며, 상당 부분이 데이터베이스로 저장되어 있고, 분야정보는 물론, 저자 및 국가 정보가 큰 의미가 있다.

(1982)은 이러한 복잡한 수렴현상을 이해하기 위해 운영법(modus operandi)을 파악해야 한다고 주장하였다.

### 1.2 기술과 산업의 연계

기술은 산업발전과 밀접한 관련이 있다(Narin, 1994; Narin et al., 1995; Tijssen, 2001). 그러나 무형의 기술이라는 것을 측정하여, 산업과의 연계관계를 파악하는 일은 쉬운 일이 아니다. 따라서 많은 연구가 특허를 기술의 대용지표로 삼아 진행되어 왔다.

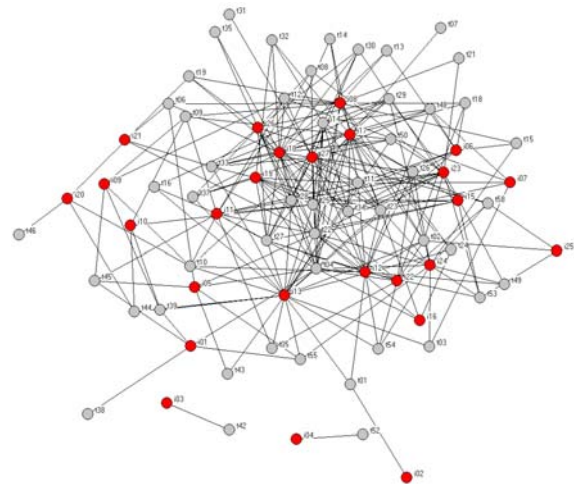
기술과 산업의 연관관계를 살펴보기 위해 가장 먼저 진행되어야 할 필요가 있는 것은 특허의 분류와 산업의 분류를 일치시키는 일이다. YTC(Yale Technology Concordance)는 그 첫 시도이며, 그 이후 OECD에서 OTC(OECD Technology Concordance)를 발표하였다(Johnson, 2002).

OTC는 기본적으로 1972년부터 1995년까지 캐나다 지적재산관리국(Canadian Intellectual Property Office)에 등록된 특허에 근거하여, 국제특허분류(International Patent Classification)를 제조 부문(Industry of Manufacture: IOM)과 이용 부문(Sector of Use: SOU)으로 매칭시킨 결과였다. 그러나, 하나의 기술이 반드시 하나의 산업에 매칭이 되지 않기 때문에 이 역시 확률로 계산되는 복잡한 형태를 띄게 되었다.

Choi et al.(2004)은 한국의 과학기술 분류와 미국 특허분류를 일대일로 매칭 시키고, 이를 다시 한국표준 산업 분류와 연계하였다. 58개의 기술과 27개의 산업의 관계를 특허 인용정보를 이용하여 <그림 2>와 같은 네트워크를 작성하였다. Choi et al.(2004)의 연구는 OTC에 비해서 상당히 간략화를 하여 현실의 왜곡이 있을 수 있다는 단점이 있지만, 간편하게 이용할 수 있다는 장점이 있다.

### 1.3 과학-기술-산업의 연계

앞에서 언급했듯이 현재까지 과학-기술-산업을 전체적으로 연결해 놓은 틀은 제시되지 않고 있으며, 언제나 논란의 소지가 있다. 그러나, 기초과학이 산업의



<그림 2> 한국의 기술간, 산업간, 기술-산업간 연관관계

산출에 직간접적으로 영향을 미친다는 점은 많은 연구(Rosenberg and Nelson, 1994; Beise and Stahl, 1999; Etzkowitz and Leydesdorff, 2000; Feller et al., 2002)에서 드러나 있으므로, 과학이 궁극적으로 산업과 어떤 관계를 가지고 있는지를 살펴보는 것은 반드시 필요한 일이라고 할 수 있다.

특히 Narin et al.(1997)은 미국의 경쟁력이 강한 기초과학의 기반으로부터 나온다고 지적하기도 하였다. 따라서 과학-기술-산업의 분류적 틀을 한꺼번에 묶어서 관찰하는 것은 과학기술 정책 및 산업정책을 개발하는데 꼭 필요한 작업이라고 할 수 있다.

## 2. 과학, 기술, 산업의 분류연계

과학과 기술, 기술과 산업의 연계관계를 분석하기 위해서는 데이터의 처리를 위한 분류체계의 검토가 선행되어야 한다. <표 2>는 과학, 기술, 산업에 있어 대표적인 국제 분류체계와 국내 분류체계를 보여주고 있다.

먼저, 국제 분류체계를 살펴보면, 과학의 분류에서는 ISI사의 분류가 대표적이다. ISI사는 현재 가장 많은 과학저널 및 논문에 대한 정보를 보유하고 있으며, 과학 논문 인용색인(Science Citation Index)을 만들어, 높은 질의 과학 논문들을 하나의 데이터베이스로 제공하고

있다.

기술의 분류는 OECD, EC, UNESCO 등의 경제/문화 국제기구를 중심으로 한 분류체계가 있고, 특허분류 체계가 있다. 특허분류 체계는 다시 국제특허분류와 미국 특허분류로 나뉘어진다. 대부분의 나라들이 국제특허분류를 따르고 있지만, 미국이 특징적으로 독자적인 분류체계를 만들어 활용하고 있다.

산업은 UN에서 분류한 국제표준산업분류가 대표적이며, 대부분의 나라는 이 분류를 토대로 각국의 사정에 맞추어 재분류 하고 있다.

한편, 국내 분류체계를 간략히 살펴보면, 과학과 기술이 국가과학기술표준분류체계에 근거하여 분류되고 있으며, 산업은 한국표준산업분류나 산업연관표의 분류체계를 따르고 있다.

### 2.1 분류체계의 1대1 연계

여기에서는 1대 1 연계의 예시로서 과거 우리나라 산업의 경제발전을 이끌어 왔던 화학, 기계, 자동차 산업 등 3개의 전통산업과 IT, BT, NT로 대표되는 3개 신흥산업에 대한 과학과 기술의 분류체계 연계를 검토해 보기로 한다.

연계의 기본은 SCI의 저널 단위와 미국 특허 클래스(US patent class)이다. SCI는 각 과학 분야별로 약 5,000종에 이르는 저널을 보유하고 있다. 저널은 다시 171개의 세부 카테고리로 나누어지고, ISI 웹사이트에

서는 이 세부 카테고리에 대한 설명이 주어지고 있다. 미국 특허청은 400여개 이상의 클래스와 그 하위 클래스로 특허를 분류하고 있으며, 미국특허청 웹사이트에서 클래스에 대한 설명이 제시되어 있다. 따라서 본 고에서는 ISI의 171개의 세부 카테고리, 미국 특허청 3자리 클래스를 활용하여 6개의 산업과 매칭시키는 작업을 수행하였다. 그 결과 <표 3>과 같은 연계표를 얻을 수 있다.

연계방법은 Choi et al.(2004)의 연구에서 사용된 방법을 택하였다. 즉, ISI사의 세부 카테고리에서 주어지는 설명과, 미국 특허청 클래스에서 주어지는 설명을 토대로 일대일 연계를 하는 것이다. 이처럼 일대일 연계를 하는 데 있어서 중요한 한계점이 크게 두 가지가 존재한다. 첫째, 6개의 산업을 중심으로 이에 매칭되는 과학과 기술 분류만을 선택하였기 때문에 과학 분야와 기술 분야의 모든 카테고리가 할당되지 않았다. 둘째, 과학과 기술이 융합되면서 경계가 모호한 분야들이 생겨났는데, 이들도 포함시키기 어려운 경우는 제외되었다.

이렇게 부분적으로 생략된 과학과 기술분야의 존재가 분류의 정확성에 대하여 논란을 야기할 수 있다. 그러나, ISI사에서 제공한 세부 과학분야에 대한 설명과 미국특허청의 분류에 대한 설명을 충분히 검토한 후 작성되었으므로 다른 연구들과 부분적인 차이가 존재하더라도 전체적인 흐름에는 큰 영향이 없을 것으로 보인다.

<표 2> 과학, 기술, 산업의 대표적 분류체계

| 과학 분류   | 기술 분류  | 산업 분류   |
|---|--|---|
| <국제분류><br>• 민간기구 : ISI 과학분야 분류<br><br><국내분류><br>• 과학기술부 : 국가과학기술 표준분류체계 | <국제분류><br>• 경제관련기구 : OECD, EC, UNESCO의 기술분류<br>• 특허관련기구 : WIPO(IPC), USPTO(UPC)<br><br><국내분류><br>• 과학기술부 : 국가과학기술 표준분류체계 | <국제분류><br>• UN 통계국 : ISIC Rev 3.1 (2002. 3)<br><br><국내분류><br>• 통계청 : 한국표준산업분류<br>• 한국은행 : 산업연관표분류 |

<표 3> 과학-기술-산업 연계표

| Science(ISI category)   | Technology(US patent class)   | Industry       |
|---|---|----------------|
| Chemistry, Analytical; Chemistry, Applied; Chemistry, Inorganic & Nuclear; Chemistry, Multidisciplinary; Chemistry, Physical; Electrochemistry; Engineering, Chemistry; Engineering, Petroleum; Materials Science, Coatings & Films; Materials Science, Composites; Polymers Science  | 23, 44, 48, 55, 71, 95, 96, 102, 106, 134, 137, 149, 152, 184, 201, 203, 204, 205, 208, 239, 250, 264, 376, 383, 401, 416, 422, 423, 427, 429, 430, 436, 494, 501, 502, 504, 507, 508, 510, 512, 516, 518, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 530, 534, 536, 540, 544, 546, 548, 549, 552, 554, 556, 558, 560, 562, 564, 568, 570, 585  | Chemical       |
| Engineering, Manufacturing; Engineering, Mechanical; Mechanics  | 7, 42, 56, 62, 74, 86, 89, 100, 110, 124, 126, 132, 156, 159, 166, 169, 171, 172, 177, 187, 193, 194, 196, 198, 202, 210, 223, 224, 236, 251, 261, 266, 269, 271, 291, 294, 373, 384, 402, 406, 409, 411, 412, 417, 431, 453, 454, 474, 475, 476, 482, 483, 492   | Machinery      |
| Transportation Science & Technology   | 91, 104, 105, 114, 157, 180, 185, 188, 192, 213, 238, 246, 278, 280, 293, 295, 296, 298, 301, 303, 305, 410, 415, 418, 440, 441, 464, 477   | Transportation |
| Automation & Control Systems; Computer Science, Artificial Intelligence; Computer Science, Cybernetics; Computer Science, Hardware & Architecture; Computer Science, Information Systems; Computer Science, Interdisciplinary Applications; Computer Science, Software Engineering; Computer Science, Theory & Methods; Engineering, Electrical & Electronic; Imaging Science & Photographic Technology; Telecommunications   | 60, 116, 123, 136, 174, 178, 181, 191, 200, 218, 219, 235, 257, 279, 290, 307, 310, 313, 314, 315, 318, 320, 322, 323, 326, 327, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 348, 349, 358, 360, 361, 362, 363, 365, 366, 367, 369, 370, 372, 375, 377, 379, 380, 381, 382, 385, 386, 388, 392, 395, 400, 438, 439, 445, 455, 505, 700, 701, 702, 704, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714 | IT             |
| Biochemical Research Methods; Biochemistry & Molecular Biology; Biology; Biophysics; Biotechnology & Applied Microbiology; Chemistry, Medicinal; Chemistry, Organic; Cell Biology; Critical Care Medicine; Developmental Biology; Emergency Medicine; Engineering, Biomedical; Evolutionary Biology; Genetics & Heredity; Integrative & Complementary Medicine; Marine & Freshwater Biology; Materials Science, Biomaterials; Medical Informatics; Medicine, General & Internal; Medicine, Research & Experimental; Microbiology; Pharmacology & Pharmacy; Reproductive Biology | 351, 424, 433, 435, 514, 623, 800   | BT             |
| Instruments & Instrumentation; Materials Science, Characterization & Testing; Microscopy; Mycology; Nanoscience & Nanotechnology; Neuroimaging; Optics; Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging; Spectroscopy; Surgery  | 73, 128, 324, 352, 353, 355, 356, 359, 374, 396, 600, 601, 602, 604, 606, 607   | NT             |

2.2 기술호환체계를 통한 연계

분류체계 간의 연계를 위한 OTC는 특허의 산업별

분류를 위해 캐나다의 특허청에서 개발된 변환 데이터를 시초로 하여 발전되어 왔다(Johnson, 2002). 캐나다 특허청에서는 1972년부터 1995년까지 출원된 30만건



이상의 특허에 대해서 각 기술의 IPC 분류코드를 해당 기술이 개발된 산업(IOM)과 그 기술이 활용되는 산업(SOU)으로 분류하였다.

예일대학에서는 이를 차용하여 IPC 분류코드가 특정 IOM-SOU 조합으로 분류될 확률을 계산하여, IPC 분류에 따른 특허자료를 연관된 IOM-SOU 행렬로 변환하는 공정, 즉 YTC를 최종 완성하였다. IPC 코드 일부에 대해 계산된 확률의 예는 [표 4]와 같다.

그러나 이는 캐나다의 산업분류를 기준으로 작성되어 있으므로, 이를 국제산업분류(ISIC)에 맞게 변환할 필요가 있는데, 이러한 작업의 결과가 OTC이다. 즉, 캐나다 특허청이 수행한 원래의 IOM과 SOU는 '표준산

업분류체계(1980 SIC-E version)라고 하는 캐나다의 산업분류 표준을 사용하였다. 그러나 경제부문은 국제적으로 상이한 체계, 즉 국제표준산업분류체계(ISIC, Revision 3)를 사용하여 정의되어 있다. 따라서 OTC는 IPC를 SIC로, 그리고 SIC를 ISIC로 변환하는 두 과정을 거쳐 완성된 것이다.

#### IV. 과학기술 지식흐름의 연계관계 분석

여기에서는 과학기술 지식흐름 분석에 활용될 수 있는 인용분석의 내용과 연구들을 살펴보고, 과학기술 지

<표 4> 국제특허분류의 IOM-SOU 분류확률

| IPC  | IOM <sup>1)</sup> | SOU <sup>1)</sup> | YTC 확률 <sup>2)</sup> |
|------|-------------------|-------------------|----------------------|
| A01B | 239               | 3241              | 1.686341E-03         |
| A01B | 1599              | 3111              | 1.686341E-03         |
| A01B | 1631              | 3799              | 1.686341E-03         |
| A01B | 3023              | 4210              | 1.686341E-03         |
| A01B | 3063              | 151               | 1.686341E-03         |
| A01B | 3063              | 221               | 3.372681E-03         |
| A01B | 3111              | 139               | 5.733558E-02         |
| A01B | 3111              | 141               | 2.529511E-02         |
| .    |                   |                   |                      |
| .    |                   |                   |                      |
| A01F | 3111              | 139               | 1.790281E-02         |
| A01F | 3111              | 141               | 1.534527E-02         |
| A01F | 3111              | 171               | 2.557545E-03         |
| A01F | 3111              | 210               | 1.278772E-02         |
| .    |                   |                   |                      |
| .    |                   |                   |                      |
| A01K | 3931              | 321               | 1.076716E-02         |
| A01K | 3931              | 330               | 5.38358E-03          |
| A01K | 3931              | 339               | 2.69179E-03          |
| A01K | 3931              | 3931              | 5.38358E-03          |
| .    |                   |                   |                      |
| .    |                   |                   |                      |

주 : 1) IOM과 SOU의 분류코드는 캐나다 표준산업분류(SIC) 기준

2) IOM-SOU 조합은 약 70,000개의 확률값을 포함하고 있음.

자료 : K. N. Daniel Johnson(2002), The OECD Technology Concordance(OTC): Patents by Industry of Manufacture and Sector of Use, STI Working Papers 2002/5, Paris: OECD, p.14.

식흐름 분석을 위한 가능성을 살펴보기로 한다. 또한 특허 인용분석의 한계점을 개선하기 위한 네트워크 분석의 특징과 내용을 검토하기로 한다.

## 1. 지식흡수·제공과 인용분석

### 1.1 인용분석

학술문헌에 있어서 인용은 인용이라는 것이 문장 내에 명시될 뿐만 아니라 논문의 끝부분에 참고문헌(reference)으로서 목록화된다.<sup>3)</sup> 참고문헌 목록에 표시되는 정보는 서지정보(bibliographic information)라고 불리는 정보로서 이를 통해 인용대상이 되는 문헌 및 그 저자가 식별된다. 논문 이외의 학술문헌에 있어서도 마찬가지로 서지정보가 보통 Chapter 뒤나 책 뒤에 정리되어 있다.

이론적으로는 이 목록을 모으면 인용분석을 위해 필요한 데이터가 수집되지만 실제로는 SCI 등의 학술문헌 데이터베이스를 활용하여 데이터 수집을 하게 된다. 따라서 특별한 처리를 수행하지 않는 한 아무리 중요한 논문이라도 데이터베이스에 포함되지 않는 잡지에 게재된 논문은 인용분석의 대상에서 제외되어 버린다. 또 데이터베이스에는 논문에 의한 인용만이 수록되어 있기 때문에 논문 이외의 문헌은 원칙적으로 분석 대상이 되지 않는다.

학술적 인용은 인용주체논문(citing paper)에 의한 인용대상논문(cited paper)의 참조로서 기능한다. 즉 인용의 원래 기능은 인용주체에 의한 인용대상 내용의 지시로서, 그 결과 인용주체에 인용대상의 내용이 포함되게 된다.

따라서 부정적 인용<sup>4)</sup>이라도 인용대상으로부터 인용된 내용과 인용주체와는 준거(準據) 기준(frame of reference)을 공유한다. 더 정확하게 말하면 인용주체의 준거 기준에 있어서 인용된 내용은 저자에 의한 국

해까지도 포함하게 되므로 반드시 해석 가능해야 한다. 왜냐하면 그러한 준거 기준이 없는 한 인용된 내용의 긍정은 물론 부정조차 불가능하므로 내용이 포함될 수도 없기 때문이다.

그렇다면 이러한 기능을 갖는 인용은 어떤 목적으로 실행되는 것인가? 인용목적은 이해하기 위해서는 기본적으로 기능에 기초해야 한다. 즉 인용대상의 내용을 참조하여 인용주체의 주장이 옳다는 것을 보여주기 위해서 인용을 하는 것이다. 더 나아가 독창성, 즉 선행 연구와는 다르다는 것을 강조하기 위하여 인용주체를 선행연구군 중에 배치하는 것이 인용의 목적이라고 할 수도 있다.

특허인용(patent citation)은 특허를 출원하려고 할 때 참고하게 되는 기존의 특허를 정리하여 특허문서에 적시하는 것으로서, 과학논문의 참고문헌과 같은 의미를 가지고 있다. 인용의 유형은 크게 기존 특허의 인용과 논문이나 갈럼을 포함한 과학적 문서의 인용으로 나뉜다. 특히, 특허 간의 인용관계는 오랫동안 기술의 중요성과 같은 기술적 지표로서뿐만 아니라 기술간 지식흐름을 분석하는 데 활용되어 왔고, 또한 과학적 문서와의 인용관계도 과학-기술 간의 연계를 연구하는데 매우 유용하게 사용되어 왔다.

결국 특허인용분석의 주요 아이디어는 특정의 특허가 이후에 출원되는 특허들로부터 빈번하게 인용된다면 이 특허는 후속 특허의 개발에 기초가 되는 중요한 기술적 진보를 담고 있다는 점을 토대로 한다(Karki, 1997).

이러한 특허인용은 1990년대 들어 정보기술의 급격한 발전을 기반으로 하여 방대한 특허인용 데이터가 분석에 활용되기 시작하였다. 이들은 특허인용 데이터를 활용하여 주로 국가/지역간 지식흐름과 기관간 지식흐름을 분석하였다. 국가/지역간 지식흐름에서는 주로 지리적 차원에서의 지식흐름을 분석하고 국가와 지역에서의 지역화(localization)의 경향이 분석되었다. 기관간 지식흐름에 대해서는 주로 기술혁신 주체와 지식흐름에 주목하고 기업과 대학 및 공공기관간 기술흐

3) 참고문헌이 注(Note)의 일부로 표시되는 경우도 있다.  
4) 인용대상의 내용에 대해 인용주체의 부정적 평가를 수반하는 인용을 말한다.

름과 영향력을 분석하였다.

미국등록특허 등에서는 보통 특허인용이나 참고는 등록된 특허의 표면 페이지에 나타난다. 이들은 해당 특허(발명)가 기초하고 있는 선행기술(prior art)을 식별하는 법적인 기능을 갖고 있다. 특허가 부여(grant) 되면 관련서류는 발명자, 피양도인, 그리고 발명의 기술적 선발자에 대한 정보를 포함하고 있다. 이 정보 중에는 참고(reference)와 인용(citation)이 있다. 여기에서 인용은 선행특허에 대한 인용과 선행과학문헌에 대한 인용이 있다. 이들 인용은 이 특허가 갖는 재산권이 포괄하는 범위를 확정하는 법적인 기능을 수행한다.

특허의 부여는 특허에 구현된 아이디어가 인용으로 표현되는 이전의 지식과 비교할 때 새롭고 유용한 기여를 했음을 확정하는 법적인 신술이다. 잠재적인 인용은 주로 다음과 같이 식별된다. 우선 출원자는 선행기술에 대한 지식을 공개해야 할 법적인 의무를 갖는다. 게다가, 심사관은 해당기술 분야에서 전문가이고 출원자가 놓치거나 은폐하는 관련 선행기술을 식별할 수 있다. 인용의 이러한 특성에 따라, 한 특허가 다른 특허로 인용되는 관계는 일련의 지식간의 연쇄 맵을 보여주는 것으로 해석된다. 이러한 의미에서 특허인용 데이터는 두 가지 방식으로 활용 가능하다.

첫째, 보다 가치있는 특허가 보다 많은 인용을 받는다. 높은 기술적 수준을 보유하는 특허가 보다 많은 기술적 영향력을 행사하며 보다 많은 피인용수를 기록하고 결과적으로 높은 가치를 갖게 된다. 이러한 사실을 고려할 때 피인용수는 특정한 특허가 보유하는 기술수준 혹은 질에 대한 지표로 활용 가능하다. 즉, 특허 피인용은 해당 특허의 질에 대한 대리변수로 해석될 수 있다.<sup>5)</sup>

둘째, 인용 데이터를 통해 직접적으로 기술혁신의 연쇄 혹은 지식확산을 분석할 수 있다. 즉, 지식확산의 궤적은 인용패턴 분석을 통해 이루어질 수 있다. 이 경

우 인용은 지식과급의 문서적 흔적(paper trail)으로 해석된다. 이때 특정 경제주체가 또 다른 경제주체를 이용하는 빈도는 피인용주체로부터 인용주체로의 지식흐름의 강도에 대한 대리변수로 해석될 수 있다.

## 1.2 특허인용분석

특허 인용분석은 1975년부터 미국 특허청에서 인용 관계에 대한 정보를 축적한 이후 정량적 분석에 필요한 임계량이 확보되면서 다양한 연구가 진행되었다. 이러한 특허 인용분석에 대한 연구는 자료의 가공이나 분석의 내용에 따라 크게 세 가지 유형으로 나눌 수 있다.

첫째, 특허 인용관계를 활용하여 특허의 가치나 특허를 보유하고 있는 기업의 가치를 평가하는 연구이다. 특허분석을 활용한 경제적 가치평가와 관련된 기존의 연구들은 국가나 기업이 출원한 단순한 특허의 건수를 모델에 적용하였다. 이것은 특허 출원건수가 혁신과정에서 투입(예를 들어, 연구개발 지출, 연구원 수 등)과 밀접하게 연관되어 있다는 Schmookler(1966)의 연구결과와 궤적을 같이한다. 그러나 각 특허들이 가지고 있는 기술적, 경제적 중요성은 상이하기 때문에 단순한 특허 건수와 기업의 시장가치와 관련된 지표의 연관성에 대한 분석은 유의하지 않을 수밖에 없다(Griliches, 1984). 따라서 특정 특허가 이후에 출원된 특허에 인용되는 횟수를 기술의 가치나 중요성을 표현하는 지표로 사용하는 방법이 제안되었고, 인용되는 횟수를 가중치로 고려한 특허수가 혁신의 가치를 산출하는 데 활용되거나(Trajtenberg, 1990), 특허 인용을 특허의 질(quality)을 평가하기 위한 지표로 제시하기도 하였다(Lanjouw and Schankerman, 1999). 이보다 최근의 연구는 특허 인용정보를 통해 특허를 보유하고 있는 기업의 경제적 가치를 산출하고(Hall et al., 2001), 기업의 가치평가에서 토빈의 Q와 같은 회계자료와 함께 특허 인용을 활용한 무형자산의 가치평가를 고려할 수 있다는 것을 보여주었다(Shane and Klock, 1997).

둘째, 특허간의 인용관계로부터 기술지식의 흐름(flow)과 확산(spillover)의 양상을 분석하는 것이다. 이

5) 이와 관련해서는 Trajtenberg(1990)이 최초로 작업한 연구결과이다. Jaffe et al.(2000)은 특허인용이 과학자 사이의 실제 연계를 얼마나 반영하는가를 분석하고 있다.

와 관련한 연구들은 연구 컨소시엄(research consortium)에서의 기업간 지식흐름(Ham et al., 1998)이나 공공연구(public research)로부터의 지식의 확산을 관찰하기 위해 특허 인용정보를 이용하였다(Jaffe and Trajtenberg, 1996; Jaffe and Lerner, 1999). 또한 지식흐름의 범위를 확장하여 지역적 위치에 따른 특허 인용현상을 비교하거나(Jaffe et al., 1993), 국가간 특허 인용관계의 특성을 규명하기도 하였다(Jaffe and Trajtenberg, 1998). 또 다른 연구들은 특허 인용 중 특허 간 인용관계가 아닌 과학논문으로부터의 인용이 존재한다는 점에 착안하여 과학-기술 연계에 초점을 맞추기도 하였다(Meyer, 2000; Tijssen, 2001).

셋째, 특허인용을 통해 기술의 유사성을 분석하는 것이다. 특히 이러한 연구는 타기업과의 연구협력을 위한 기업의 전략수립에 이용되는 것으로서, 인용분석을 통해 대상기업과의 기술중복(technology overlap)을 측정하고(Mowery, 1998), 기술정책 목적으로서의 공동인용(co-citation) 관계를 기반으로 하여 유사성을 기준으로 기술을 군집화함으로써 국제특허분류(IPC)나 미국 특허분류(USPC)와는 다른 새로운 특허분류체계를 제안하는 연구가 시도되었다(Lai and Wu, 2003).

특허 인용관계는 분석이 간단하고 이해하기 쉽기 때문에 기술변화와 기술간 연관관계를 규명하고자 하는 다양한 연구에서 활용되고 있지만, 몇 가지 한계점을 동시에 가지고 있다.

우선, 특허 인용분석은 특정한 두 특허 사이의 개별적인 관계를 가지고 분석하기 때문에 모든 특허들의 전체 관계를 이해하기는 어렵다. 또한 기존의 연구들은 특허의 가치평가나 지식흐름 분석에서 단순한 특정 특허간의 인용만을 분석하였기 때문에 전체적인 흐름은 고려하지 않았다. 이러한 문제와 관련하여, 인용분석은 개별 특허간 인용-피인용 관계만을 고려하기 때문에 개별 특허의 기술적 특성 및 중요성에 초점을 맞추고 있어서 관련기술 영역 전체의 특성이나 네트워크적 특성 등을 분석할 수 없으며, 따라서 분석의 영역이나 정보의 풍부성 측면에서 한계를 지닐 수밖에 없다.

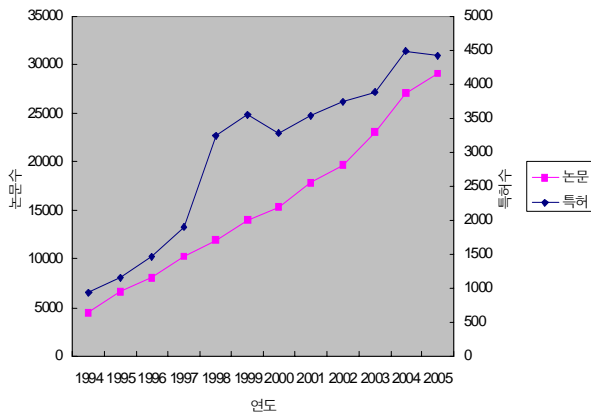
다음으로, 인용관계에 의한 특허분석은 특허간 기술의 본질적인 관계를 충분히 고려하지 못할 수 있다. 모든 특허의 인용관계는 발명자나 변리사에 의해 결정되기 때문에 이들의 특허정보에 대한 접근 가능성이나 인지하고 있는 범위에 의존하게 되며, 기술의 본질적 특성에 의한 연관관계의 도출은 어려울 수 있다. Jaffe 등의 연구(Jaffe et al., 1993)에서는 특허 인용이 지리적으로 인접한 기업이나 대학에서 출원한 특허가 다른 지역에 속한 기업이나 대학의 특허보다 더 빈번하게 인용된다는 사실을 밝히고 있다. 이러한 문제와 관련하여, 특허가 발명되는 데 있어 참고가 가능한 모든 특허를 이용하는 것이 아니기 때문에 ‘누락과 오류’의 잘못을 범할 수 있으며, 일부 특허는 과대평가될 가능성이 있다는 한계점도 있다.

## 2. 특허 네트워크 분석

### 2.1 네트워크 분석

일반적으로 특정집단에 속한 행위자(actors) 간의 상호관계는 네트워크로 설명될 수 있다(Gelsing, 1992). 따라서 네트워크는 사람이나 물체, 사건 등의 객체를 연결짓는 특수한 형태의 연관관계라고 정의될 수 있다(Mitchell, 1969). 네트워크 분석은 그래프 이론(graph theory)으로부터 얻어지는 정량적 기법으로서, 행위자(node) 사이의 상호작용(link)의 분석을 용이하게 하는 역할을 한다. 행위자는 사람이나 물체 등, 형태와는 상관없이 다른 객체와 연결될 수 있는 것이면 가능하며, 상호작용은 행위자들이 집단 내에서 맺게 되는 연결의 집합을 말한다. 보통 시각적인 형태로 표현되는 행위자들 사이의 연관관계의 구조와 네트워크에서 개별 행위자들의 위치는 각 행위자들뿐만 아니라 시스템 전체의 특성에 대한 풍부한 정보를 제공하게 된다(Knoke and Kuklinski, 1982; Marseden and Laumann, 1984).

네트워크 분석은 다양하고 폭넓은 영역에서 활용되고 있다. 우선 네트워크의 본질적 특성을 분석한 연구로서, 사회의 구조와 환경에 대한 특성을 설명하기 위



<그림 3> Web of Science에 등록된 논문과 미국 특허청에 등록된 특허건수(한국의 경우)

해 네트워크의 밀집도(density), 범위(span), 연결성(connectedness), 군집가능성(clusterability) 등이 50-60년대부터 활발히 제안되었다(Bott, 1957; Thurman, 1980; Kapferer, 1969).

본격적인 네트워크 분석은 세계정치와 경제 시스템을 네트워크화 하는 연구(Synder and Kick, 1979)로부터 혁신의 산업간 확산(diffusion)과 채택의 분석(Leoncini et al., 1996; Park and Kim, 1999), 지식경영에서의 휴먼 네트워크의 형성(Cross et al., 2001)에 대한 연구에 이르기까지 폭넓게 확장되었다. 특허분석의 측면에서는 특허 사이의 본질적 연계는 텍스트 형태를 활용하여 표현될 수 없다. 그러나 개별 특허들의 위치와 특허 간의 연관관계의 패턴을 네트워크로 시각화하여 특허들의 전체적인 관계를 조망함으로써 앞에서 제시한 특허 인용분석의 문제를 해결할 수 있을 것이다.

### 2.2 특허 네트워크 분석

기술의 연관관계를 분석하기 위한 방법으로서 특허 인용분석은 다양한 연구에서 보편적으로 활용되고 있으나, 앞에서 제시한 인용분석의 본질적 한계점과 동시에 특허가 가지고 있는 기술적 특성을 충분히 반영하지 못한다는 문제 때문에 이를 개선하기 위한 새로운 형태의 연관관계의 자료가 필요하다. 이러한 특허간 연

관관계는 키워드를 기반으로 규명할 수 있다. 즉, 각 특허들이 가지고 있는 키워드들의 빈도수를 계산하고 이를 토대로 특허간 유사성의 정도를 산출한다. 특허 네트워크는 이러한 특허간 키워드의 유사성 측면에서 특허들의 연관관계를 네트워크로 시각화한 것이다. 전술한 바와 같이 네트워크는 노드(node)와 링크(link)로 구성된다. 특허 네트워크는 특허를 노드로, 특허간의 키워드 유사성을 링크로 간주한다. 만일 두 특허가 유사한 키워드를 다수 보유하고 있다면 노드간의 링크는 매우 강하게 표현될 것이며, 공통적인 키워드를 거의 포함하고 있지 않은 이질적인 특허라면 네트워크 상에서 링크는 존재하지 않을 것이다.

특허 네트워크의 유형은 기술전체 수준(whole-level), 특정기술 수준(domain-level), 세부기술 수준(basic-level) 등 3가지로 나누어 검토될 수 있다. 우선 기술전체 수준에서는 한 국가가 보유하고 있는 기술 전체에 대한 네트워크가 분석된다. 이 특허 네트워크의 작성을 위해서는 기술분류가 일차적으로 실행되어야 하며, 분류의 기준은 국제사회에서 공신력 있게 받아들여지는 OECD나 UNESCO 등의 분류를 이용할 수도 있고, 특정 국가의 네트워크를 생성하고자 한다면 그 국가가 가지고 있는 기술분류를 활용할 수도 있다. 우리나라의 경우, 과학기술부나 산업자원부, 정보통신부와 같은 정부부처나 공공 R&D 관리기관 등이 각각 행정적, 기술적 목적에서 다양한 기술분류를 보유하고 있으며, 연구나 활용의 목적에 맞게 기술분류를 선정하여 전체 기술에 대한 특허 네트워크를 시각화할 수 있을 것이다. 이 경우 네트워크의 노드는 컴퓨터 기술, 통신 기술, 자동차 기술 등과 같이 기술분류상 대분류에 속하는 기술이 된다. 따라서 기술전체 수준의 특허 네트워크는 상위 기술간 지식의 흐름 및 연관관계를 검토하기 위한 목적으로 분석된다. 두 번째 유형인 특정기술 수준의 특허 네트워크의 노드는 기술분류에서 중분류에 속하는 특정기술이 된다. 만일 컴퓨터 기술에 대한 특정기술 수준의 특허 네트워크를 작성한다면 그 노드는 하드웨어, 소프트웨어, 네트워크 기술 등의 세

부 기술들이 포함될 수 있다. 세 번째 유형인 하위 특허 네트워크의 노드는 세부 기술의 실질적인 개별 특허들이 된다.

## V. 과학기술 지식흐름과 기술혁신 분석

### 1. 과학기술 지식흐름과 기술혁신 분석의 틀

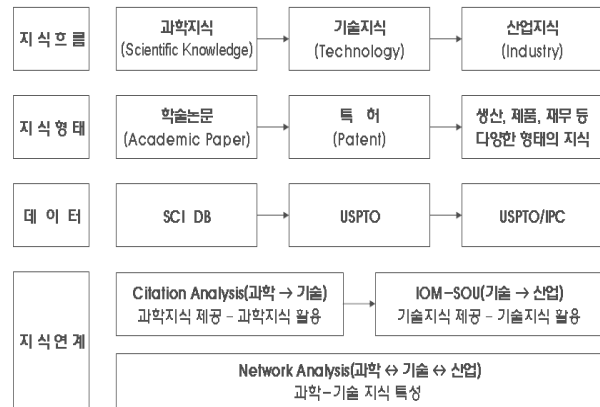
본고에서는 과학-기술-산업의 연계라는 측면에서 ISI의 Web of Science에서 제공하는 과학분야의 분류와 미국 특허청의 분류를 활용하여, 한국의 6가지 산업에 과학과 기술의 분류를 연계시키는 것을 목적으로 분석의 틀을 구상하였다.

<그림 3>에서 볼 수 있듯이 한국이 제출한 논문과 특허가 전체적으로 증가추세에 있음을 감안할 때, 과학적 지식과 기술적 지식의 대표적인 지표라고 할 수 있는 논문과 특허 지식의 활용도를 높이는 일은 산업의 발전을 이끄는 데 있어 중요한 요소라고 할 수 있다. 따라서 앞에서 시도한 연계표의 작성이 각 산업별로 과학-기술-산업간의 연계관계에 대한 연구를 하는데 의미있게 활용될 수 있을 것이다.

이상에서 살펴 본 같은 과학, 기술, 산업의 지식생성과 지식으로서의 과학, 기술, 산업의 특성, 그들 간의 연계관계 및 분류체계를 고려하여 과학-기술-산업 지식흐름의 연계구조를 분석하기 위한 기본적인 구조를 구상하면 <그림 4>와 같이 제안할 수 있다.

그림을 보면, 분석의 틀은 과학기술로부터 기술지식을 거쳐 산업으로 이어지는 지식흐름, 학술논문, 특허, 제품으로 구성되는 지식형태, SCI-DB, 미국특허 등 지식이 축적되는 데이터, 인용분석과 IOM-SOU 분석, 그리고 사회네트워크 분석을 통해 수행되는 과학과 기술, 기술과 산업의 연계체계를 보여주고 있다.

여기에서 산업지식에 대한 대리변수로서 활용할, 체계적으로 축적된 데이터는 앞에서도 살펴본 바와 같이 사실상 존재하지 않는다. 따라서 과학기술 지식이 기술



<그림 4> 과학-기술-산업 지식흐름의 연계구조 분석의 틀

혁신 과정에서 산업에 미치는 영향은 기술과 산업적 특성을 동시에 가지고 있는 특허 데이터를 활용하여 분석하는 방안이 고려되어야 할 것이다. 즉, 특허지식의 창출(IOM)과 그것이 활용(SOU)이나 특허정보의 인용에 대한 시계열적 특성을 통한 지식흐름의 분석이 이루어지게 된다.

### 2. 과학기술 지식흐름과 기술혁신 분석의 한계

앞에서 살펴본 바와 같이 과학기술 지식흐름은 기술혁신 추세분석을 위한 중요한 도구로서 활용될 수 있다. 그러나 여전히 몇 가지 해결해야 할 문제점을 가지고 있다고 할 수 있다.

첫째, 논문과 특허에서 모두 영문으로 작성된 과학과 기술자료만 고려된다는 점이다. Tussen et al.(2000)이 지적했듯이 영문논문으로 표현된 과학적 지식이 아니더라도 한국의 경제발전에 영향을 준 과학적 산물과 기술적 산물이 많을 것으로 생각될 수 있다. 또한 OECD(2003)에서도 지적이 되었듯이, 기업들은 다른 나라보다도 자국에 특허를 출원하는 경향이 강하기 때문에 미국 특허를 이용하면 우리나라 시장을 중심으로 기술혁신을 수행한 기업들의 기술개발 노력이 과소평가 될 우려가 있다. 그런데 아쉽게도 우리나라는 별도로 과학논문을 수집하여 대규모의 자료를 이용한 연구를 할 수 있는 데이터베이스를 갖추고 있지 않고, 특허

청에서도 검색서비스와 제한적인 정보만을 제공할 뿐, 그 동안 축적되어 온 정보를 집합적으로 이용하는 것이 불가능하다. 추후 이러한 대규모 데이터베이스에 접근을 할 수 있으면, 더 광범위하고 의미있는 연구가 진행될 수 있을 것이다.

둘째, 과학-기술-산업의 연계관계를 구축하는 데만 초점을 맞추어 과학이 기술에 미치는 영향이 어느 정도인지, 또 기술이 산업에 미치는 영향이 어느 정도 인지를 파악하지 못한다. Lach(1995)와 Park and Park(2006)은 한국의 경우는 아니지만, 특히로 표현된 기술이 산업의 생산성에 직접적으로 영향을 미친다는 것을 밝힌 바 있다. 따라서 한국의 경우에도 이러한 관계가 성립하는지 연구해 볼 필요가 있다. 하지만, 위에서 언급이 되었던 것처럼 과학은 기술의 특성과 산업의 특성에 따라 크게 영향을 미치기도 하고, 거의 영향을 미치지 않기도 하므로, 이를 선형적으로 분석하는 것은 현실을 왜곡할 우려가 있다. 따라서 과학-기술, 과학-산업의 관계 분석에서는 영향력이 높은 기술과 산업(예: 바이오테크 산업)만을 대상으로 지식 흐름과 이전을 살펴보는 것도 필요할 것이다.

셋째, 연결고리의 문제는 여전히 해결되지 않는 문제로 남을 것이다. 어떤 연구는 주체 중심으로 과학과 기술을 나누기도 하고(Pavitt, 1998), 어떤 연구는 산출물을 중심으로 과학과 기술을 구분하기도 한다(Meyer, 2000; Verbeek et al., 2002). 즉, Pavitt(1998)의 연구에서는 과학의 주체인 대학은 과학지식만을 산출하고, 기술의 주체인 기업은 기술지식만을 생산한다는 것을 전제로 하고 있다. 반면 Meyer(2000)와 Verbeek et al.(2002)의 연구에서는 과학적 산출물은 모두 논문으로 표현되고, 기술적 산출물은 모두 특허로 표현된다는 것을 가정하고 있다. 그러나, 실제로 대학이 과학적 연구만을 수행하고, 기업이 기술만을 연구하는 것이 아니므로 Pavitt(1998)의 접근법은 다소 무리가 따른다. 오히려 Meyer(2002)와 Verbeek et al.(2002)의 접근법에서와 마찬가지로 특허가 인용한 문헌정보와의 관계를 살펴보는 것이 과학과 기술의 흐름을 관찰하는 데 적

합할 것이다. 그러나, 과학논문이 나오고, 특허가 그 논문을 인용하기까지는 일정한 시간이 소요되기 때문에 Meyer(2002)와 Verbeek et al.(2002)의 연구도 과학이 기술에 동시에 미치는 영향을 살펴보는 데는 제약이 있다. 따라서 과학과 기술 활동을 수행하는 데 소요되는 투입과 산출을 정확히 관찰하여 반영해야 하는데, 과학과 기술에 대한 투자가 다양한 기관에서 이루어지는 만큼 그 투입과 산출을 추적하기란 사실 매우 어렵다. 하나의 대안으로는 현재 우리나라 과학기술부에서 제공하는 '과학기술연구활동조사보고'에 제시되고 있는 기초과학에 대한 연구개발 인력과 비용을 활용하는 것이다. 그러나 이 또한 산업별로 제공되고 있지 않아 투입의 양을 알아내기가 어렵다. 따라서 이것이 산업별로 제공된다고 하면 이를 투입으로 보고, 논문과 특허를 산출로 하여 과학-기술-산업의 관계를 더욱 상세하게 분석해 볼 수 있을 것이다.

## VI. 요약 및 결론

본 논문은 과학기술 지식흐름의 분석을 통해 기술혁신의 추세를 예측하기 위한 사전적 탐색연구이다. 과학기술의 지식흐름을 분석하기 위해서는 먼저 과학, 기술, 산업의 지식창출이 어떠한 특성을 가지고 있는지를 살펴볼 필요가 있다고 할 수 있다. 이러한 특성을 기초로 과학과 기술, 기술과 산업의 연계관계를 파악하고 실제 분석을 위한 연계체계를 구성하는 일이 필요하다.

본고에서는 과학기술 지식의 특성과 연계관계에 대한 기존의 연구들을 개관하였다. 그리고 실제 연계관계를 분석하기 위한 과학과 기술, 기술과 산업 간의 분류체계 연계를 위한 1차적인 방법을 검토하였다. 마지막으로 앞에서 검토된 이론과 방법론을 통한 향후 연구 방향을 제시하고, 과학-기술-산업 지식흐름의 연계구조 분석을 위한 개념적 틀을 제안하였다.

과학과 기술, 그리고 산업의 지식은 그 창출에 대한 특성이 크게 차이가 있다. 과학은 과학을 담당하는 사

람들이 자신이 속한 집단에서 명성을 얻고 존재를 인식시키는 것을 목적으로 하기 때문에 과학지식은 문서로 표현되는 경향이 있는 반면, 기술은 과학에 비해 사유성과 암묵성이 강한 지식으로서 특허로 보호받기를 원하는 경향이 있다. 또한 산업지식은 산업활동 과정에서 다양한 형태로 발생하는데, 그나마 관련지식의 축적이 체계적으로 이루어지지 못하고 있다는 특징을 가지고 있다.

과학과 기술, 기술과 산업은 서로 밀접한 관계를 가지고 있으면서도 과학과 기술, 산업에서 발생하는 지식의 특성이 매우 상이하게 때문에 그 연계관계를 명확히 하는 일이 그리 쉽지 않은 것이 사실이다.

본고에서는 과학-기술-산업의 연계라는 측면에서 과학지식으로서의 논문을 SCI 저널의 논문분류, 그리고 기술지식으로서의 특허를 미국의 특허청 분류에 기초하여 서로 매칭시키기 위한 방법론을 모색하고자 하였다. 이러한 과학과 기술의 연계를 다시 산업분류와 1대 1 매칭 또는 확률적 매칭을 통해 연결함으로써 과학-기술-산업의 연계고리를 검토하였다.

물론 이러한 방식으로 지식을 연계하는 것은 여러 가지 문제를 내포하고 있는 것이 사실이다. 이 방식은 과학적 산출물은 모두 논문으로 표현되고, 기술적 산출물은 모두 특허로 표현된다는 암묵적 가정하에 과학과 기술을 산출물 중심으로 구분하여 연계관계를 분석하고 있다는 것이다. 또한, 영문으로 작성된 지식만이 고려될 수밖에 없기 때문에 타 언어로 창출된 지식이 반영되지 못하며, 이는 당해 분야의 지식흐름을 제대로 평가하지 못할 가능성이 있다.

이러한 분석의 한계는 관련지식을 축적하고 있는 데이터베이스의 확대와 폭넓은 접근을 위한 기술적 방법론의 개발을 통해 향후 더욱 의미있는 연구가 가능해질 것으로 기대한다. 과학이 기술에, 그리고 기술이 산업에 미치는 영향의 정도를 보다 다양한 측면에서 분석하는 것도 향후 연구에서 주어진 과제라고 할 수 있다.

과학과 기술, 산업의 연계관계에 대한 폭넓은 분석을 통해 과학과 기술에 대한 투입요소를 다양하게 측

정하고 그 산출과의 인과관계를 보다 엄밀하게 파악할 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 인과관계의 규명은 결국 기술혁신의 방향과 특성을 예측하는 데 핵심적인 근거를 제공해줄 것으로 기대된다.

보다 구체적으로는, 국가적 차원에서 기술혁신 시스템의 효율성 제고를 위한 과학기술 및 산업정책의 조정, 경제성장의 새로운 잠재력과 동력발굴을 위한 기초연구와 연구개발 투자의 선택과 집중을 도모하기 위한 정책적 수단을 마련해 줄 것이다. 또한, 지역간 기술혁신 연계관계 분석을 통한 기술협력 연계체제 형성, 효율적 클러스터 전략 수립에서 유효한 지침을 제시할 수 있을 것이다.

특정의 산업영역에서 활동을 하는 기업에게는 자사의 기술기반과 가장 연계성 높은 기초기술력 확보를 위한 대학과의 공동연구 수행 등, 산학연 협력을 효율적으로 추진하고 미래 부상기술의 예측함으로써 경쟁력 강화를 추진할 수 있는 전략적 도구를 제공해 줄 수 있을 것이다.

## 참고문헌

### [일본 문헌]

- [1] 藤垣裕子 (1995), 科學知識と科學者の生態學 ジャーナナル共同體お單位とした知識形態の靜的分類および形態形成ま動的把握, 年報科學技術社會, 4, 139-156.
- [2] 藤垣裕子 (2003), 専門知と公共性: 科學技術社會論の構築にむけて, 東京大學出版會.
- [3] 藤垣裕子·平川秀幸富澤宏之調麻佐志林降之牧野淳一郎 (2004), 研究評價科學論のための科學計量學入門, 東京: 丸善株式會社, 2004.

### [영문 문헌]

- [1] Arundel, A., G. Van de Paal, and L. Soete (1995), "Innovation Strategies of Europe's Largest Industrial Firms: Results of the PACE Survey for Information



- Sources, Public Research, Protection of Innovations, and Government Programmes," *European Innovation Monitoring System Report*, No.23, Brussels: European Commission.
- [2] Autio, E., A. P. Hameri, and O. Vuola (2004), "A Framework of Industrial Knowledge Spillovers in Big-science Centers," *Research Policy*, 33, 107–126.
- [3] Beise, M., and H. Stahl (1999), "Public Research and Industrial Innovations in Germany," *Research Policy* 28 (4), 397–422.
- [4] Behrens, T. R. and D. O. Gray (2001), "Unintended Consequences of Cooperative Research: Impact of Industry Sponsorship on Climate for Academic Freedom and Other Graduate Student Outcome," *Research Policy* 30, 179–199.
- [5] Bott, E. (1957), *Family and Social Network*, London: Tavistock.
- [6] Bozeman, B. (2000), "Technology Transfer and Public Policy: A Review of Research and Theory," *Research Policy* 29(4–5), 627–655.
- [7] Bozeman, B. and M. Crow (1991), "Technology Transfer from US Government and University R&D Laboratories," *Technovation* 11(4), 231–246.
- [8] Brooks, H. (1994), "The Relationship between Science and Technology," *Research Policy* 23, 477–486.
- [9] Carpenter, M. P. and F. Narin (1983), "Validation Study: Patent Citation as Indicators of Science and Foreign Dependence," *World Patent Information* 5(3), 180–185.
- [10] Choi, C., J. Shin, B. Yoon, W. Lee, and Y. Park (2004), "On the Linkage between Industries and Technologies: Patent Citation Analysis," IEEE International Engineering Management Conference, 576–580.
- [11] Cohen, W. M., R. Florida, L. Randazzese, and J. Walsh (1998), "Industry and the Academy: Uneasy Partners in the Cause of Technological Advance. in R. Noll (ed), *Challenges to the Research University*, Washington DC: Brookings Institution Press, 171–199.
- [12] Cross, R., S. Borgatti, and A. Parker (2001), "Beyond Answers: Dimensions of the Advice Network," *Social Networks*, 23, 215–235.
- [13] Crow, M. and B. Bozeman (1987), "R&D Laboratory Classification and Public Policy: The Effects of Environmental Context on Laboratory Behaviour," *Research Policy* 16, 229–258.
- [14] Etzkowitz, 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(2), 109–123.
- [15] Feller, I., C. P. Ailes, and J. D. Roessner (2002), "Impacts of Research Universities on Technological Innovation in Industry: Evidence from Engineering Research Centers," *Research Policy* 31(3), 457–474.
- [16] Freeman, C. (1982), *The Economics of Industrial Organization*, Cambridge: MIT Press.
- [17] Freeman, C. (1994), "The Economics of Technical Change," *Cambridge Journal of Economics* 18, 463–514.
- [18] Gelsing, L. (1992), "Innovation and the Development of Industrial Networks," in B. A. Lundvall (ed.), *National Systems of Innovation—Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Pinter Publishers.
- [19] Gibbons, M. and R. Johnston (1974), "The Roles of Science in Technological Innovations," *Research Policy* 3, 220–242.

- [20] 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 Publication.
- [21] Godin, B. (1996), "Research and the Practice of Publication in Industries," *Research Policy* 25, 587–606.
- [22] Griliches, Z. (1984), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press.
- [23] Grupp, H. (1998), *Foundations of the Economics of Innovation*, Cheltenham, UK and Northampton, MA: Edward Elgar.
- [24] Grupp, H. and U. Schmoch (1992a), "Perception of Scientification of Innovation as Measured by Referencing between Patents and Papers," in H. Grupp (ed), *Dynamics of Science-based Innovation*, Heidelberg: Springer Verlag, pp.73–128.
- [25] Grupp, H. and U. Schmoch (1992b), "At the Crossroads in Laser Medicine and Polyamide Chemistry—patent Assessment of the Expansion of Knowledge," in H. Grupp (ed), *Dynamics of Science-based Innovation*, Heidelberg: Springer Verlag, 269–301.
- [26] 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.
- [27] Ham, R. M., G. Linden, and M. M. Appleyard (1998), "The Evolving Role of Semiconductor Consortia in the United States and Japan," *California Management Review*, 41, 137–163.
- [28] Hicks, D. (1995), "Published Papers, Tacit Competencies and Corporate Management of the Public/Private Character of Knowledge," *Industrial and Corporate Change* 4, 401–424.
- [29] Hicks, D., P. Isard and B. Martin (1996), "A Morphology of Japanese and European Corporate Research Networks," *Research Policy* 25, 359–378.
- [30] Howells, J. (1996), "Tacit Knowledge, Innovation and Technology Transfer," *Technology Analysis and Strategic Management* 8(2), 91–106.
- [31] Jaffe, A. (1989), "Real Effects of Academic Research," *Academic Economic Review* 79, 957–970.
- [32] Jaffe, A. and J. Lerner (1999), "Privatizing R&D" Patent Policy and the Commercialization of National Laboratory Technologies," National Bureau of Economic Research, Working Paper, No.7064.
- [33] Jaffe, A. and M. Trajtenberg (1996), "Flow of Knowledge from Universities and Federal Labs: Modeling the Flow of Patent Citations over Time and across Institutional and Geographic Boundaries," in Proceedings of the National Academy of Sciences, 93, 12671–12677.
- [34] Jaffe, A. and M. Trajtenberg (1998), "International Knowledge Flows: Evidence from Patent Citations," National Bureau of Economic Research, Working Paper, No.6509.
- [35] Jaffe, A., M. Trajtenberg, and S. Fogarty (2000), *The Meaning of Patent Citations: Report on the NBER/CASE-WESTERN RESERVE Survey of Patentees*, National Bureau of Economic Research, Working Paper, No.7631.
- [36] Jaffe, A., M. Trajtenberg, and R. Henderson (1993), "Geographic Location of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations," *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 577–598.

- [37] Johnson, Daniel K. N. (2002), *The OECD Technology Concordance(OTC): Patents by Industry of Manufacture and Sector of Use*, STI Working Papers 2002/5, Paris: OECD.
- [38] Kapferer, B. (1973), "Social Network and Conjugal Role in Urban Zambia: Towards a Reformulation of the Bott Hypothesis," in J. Boissevain and J. C. Mitchell (eds.), *Network Analysis: Studies in Human Interaction*, Paris: Mouton.
- [39] Karki, M.(1997), "Patent Citation Analysis: A Policy Analysis Tool," *World Patent Information*, 19(4), 269–272.
- [40] Kline, S. J. and N. Rosenberg (1986), "An Overview of Innovation," in R. Landau and N. Rosenberg (eds), *The Positive Sum Game: Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington DC: National Academic Press.
- [41] Knoke, D. and J. Kuklinski (1982), *Network Analysis*, London: Sage.
- [42] Lach, S. (1995), "Patents and Productivity Growth at the Industry Level: A First Look," *Economic Letter* 49, 101–108.
- [43] Lai, K. K. and S. J. Wu, "Using the Patent Cocitation Approach to Establish a New Patent Classification System," *Information Processing and Management*, in press.
- [44] Lanjouw, J. O. and M. Schankerman (1999), "The Quality of Ideas: Measuring Innovation with Multiple Indicators," National Bureau of Economic Research, Working Paper, No.7345.
- [45] Leoncini, R., M. Maggioni, and S. Montessoro (1996), "Intersectional Innovation Flows and National Technological System Network Analysis for Comparing Italy and Germany," *Research Policy*, 25, 415–430.
- [46] Malo, S. and A. Geuna (2000), "Science–technology Linkages in an Emerging Research Platform: The Case of Combinatorial Chemistry and Biology," *Scientometrics* 47, 303–321.
- [47] Mansfield, E. (1995), "Academic Research Underlying Industrial Innovations: Sources, Characteristics and Financing," *Review of Economics and Statistics* 77, 55–62.
- [50] Mansfield, E. and J. L. Lee (1996), "The Modern University: Contributor to Industrial Innovation and Recipient of Industrial R&D Support," *Research Policy* 25, 217–221.
- [51] Marseden, P. and E. Laumann (1984), "Mathematical Ideas in Social Structural Analysis," *Journal of Mathematical Sociology*, 10, 271–294.
- [52] Martin, B. and J. Irvine (1989), *Research Foresight: Priority Setting in Science*, London: Pinter.
- [53] Meyer, M. (2000), "Does Science Push Technology? Patents Citing Scientific Literature," *Research Policy*, 29, 409–434.
- [54] Meyer, M. (2000), "What is Special about Patent Citations? Difference between Scientific and Patent Citations," *Scientometrics* 49, 93–123.
- [55] Meyer, M. (2002), "Tracing Knowledge Flows in Innovation Systems," *Scientometrics* 54(2), pp.193–212.
- [56] Meyer–Krahmer, F. and U. Schmoch (1998), "Science–based Technologies University–Industry Interactions in Four Fields," *Research Policy* 27, 835–852.
- [57] Mitchell, J. C. (1969), *Social Networks in Urban Situations*, Manchester, England: Manchester University Press.
- [58] Mowery, D. (1983), "Economic Theory and Government Technology Policy," *Policy Sciences* 16, 27–43.
- [59] Mowery, D. C., J. E. Oxley, and B. S. Silverman

- (1998), "Technological Overlap and Interfirm Cooperation: Implications for the Resource-based View of the Firm," *Research Policy*, 27, 507–523.
- [60] Narin, F. (1994), "Patent Bibliometrics," *Scientometrics* 30(1), 147–155.
- [61] Narin, F. and E. Noma (1985), "Is Technology Becoming Science?" *Scientometrics* 7(3–6), 369–381.
- [62] Narin, F., K. S. Hamilton, and D. Olivastro (1995), "Linkage between Agency Supported Research and Patented Industrial Technology," *Research Evaluation* 5(3), 183–187.
- [63] Narin, F., K. S. Hamilton, and D. Olivastro (1997), "The Increasing Linkage between US Technology and Public Science," *Research Policy* 26, 317–330.
- [64] Nelson, R. R. and S. G. Winter (1982), *The Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge: Harvard University Press.
- [65] OECD (2003), *Compendium of Patent Statistics*, Paris: OECD.
- [66] Park, G. and Y. Park (2006), "On the Measurement of Patent Stock as Knowledge Indicators," *Technological Forecasting & Social Change* 73(7), 793–812.
- [67] Park, Y. T. and M. S. Kim (1999), "A Taxonomy of Industries based on Knowledge Flow Structure," *Technology Analysis and Strategic Management*, 11 (4), 541–549.
- [68] Pavitt, K. (1987), "The Objective of Technology Policy," *Science and Public Policy* 14, 182–188.
- [69] Pavitt, K. (1998), *Do Patents Reflect the Useful Research Output of Universities?* SPRU: Electronic Working Paper Series, No.6.
- [70] Price, D. J. de Solla (1965), "Is Technology Historically Independent of Science? A Study in Statistical Historiography," *Technology and Culture* 6, 553–568.
- [71] Rosenberg, N. (1985), "The Commercial Exploitation of Science by American Industry," in K. Clark, A. Hayes, and C. Lorenz (eds), *The Uneasy Alliance: Managing the Productivity–Technology Dilemma*, Boston: Harvard Business Press.
- [72] Rosenberg, N. (1990), "Why do Companies do Basic Research with their Own Money?," *Research Policy* 19, 165–174.
- [73] Rosenberg, N. and R. R. Nelson (1994), "American Universities and Technical Advance in Industry," *Research Policy* 23(3), 323–348.
- [74] Schmoch, U. (1993), "Tracing the Knowledge Transfer from Science to Technology as Reflected in Patent Indicators," *Scientometrics* 26(1), 193–211.
- [75] Schmookler, J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- [76] Shane, H. and M. Klock (1997), "The Relation between Patent Citations and Tobin's Q in the Semiconductor Industry," *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 9, 131–146.
- [77] Shirilli, G. (1998), *Conceptualizing and Measuring Technological Innovation*, IDEA Report 1.
- [78] Synder, D. and E. Kick (1979), "Structural Position in the World System and Economic Growth 1955–1970: A Multiple Network Analysis of Transnational Interactions," *American Journal of Sociology*, 84, 1096–1126.
- [79] Thurman, B. (1980), "In the Office: Networks and Coalitions," *Social Networks*, 2, 47–63.
- [80] Thursby, J. G. and M. C. Thursby (2000), *Who is Selling the Ivory Tower? Sources of Growth in University Licensing*, NBER Working Paper, No.

- 7718.
- [81] Tijssen, R. J. W. (1992), "A Quantitative Assessment of Interdisciplinary Structures in Science and Technology: Co-classification Analysis of Energy Research," *Research Policy* 21, pp.26-44.
- [82] Tijssen, R. J. W. (2001), "Global and Domestic Utilization of Industrial Relevant Science: Patent Citation Analysis of Science-technology Interactions and Knowledge Flows," *Research Policy* 30, pp.35-54.
- [83] Trajtenberg, M. (1990), "A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations," *RAND Journal of Economics*, 21(1), 172-187.
- [84] Tussen, R. J. W., TH. H. Van Leeuwen, and J. C. Korevaar (1996), "Scientific Publication Activity in Industry in Netherlands," *Research Evaluation* 6, 1-15.
- [85] Van Raan, A. F. J. (ed.) (1998), *Handbook of Quantitative Studies on Science and Technology*, Amsterdam: Elsevier Science Publisher.
- [86] 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.
- [87] 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.
- [88] Williams, B. (1986), "The Direct and Indirect Role of Higher Education in Industrial Innovation: What Should We Expect?," *Minerva* 2-3, 145-171.

● 저 자 소 개 ●

---



박 현 우 (Hyun-Woo Park)

박현우는 홍익대학교 대학원에서 경영학 박사학위를 취득하고, 산업기술정보원 부연구위원, San Francisco 주립대 객원연구원을 거쳐 현재 한국과학기술정보연구원의 정보분석센터 책임연구원으로 재직중이다. 「기술 라이선싱」, 「기술가치평가 개론」, 「기술마케팅」 등 저서 약 10편, 「미래 유망기술 사업화아이템 선정연구」, 「기술시장 정보분석 체계화 연구」 등 연구보고서 약 20편, “기술가치 결정요인의 특성과 영향요인 분석” 등 논문 약 40편이 있다. 연구분야는 과학계량분석, 기술혁신경영, 기술가치평가 등이다.