

## 과학기술 지식흐름의 산업연계 파급경로 분석

An Analysis of Linkage of Scientific and Technological Knowledge to Industry

박현우(Park, Hyun-woo)\*, 이창환(Lee, Chang-hoan)\*\*, 여운동(Yeo, Woon-dong )\*\*\*

### 목 차

- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| I. 서론                  | IV. 과학기술 지식흐름과 기술혁신 |
| II. 과학-기술-산업 연계분석 모델설정 | 연계관계 분석             |
| III. 데이터 수집과 분석방법      | V. 요약 및 결론          |

### 국 문 요 약

본 논문은 과학기술 지식흐름의 분석을 통해 기술혁신의 추세를 예측하기 위한 분석의 틀을 설정하고 이에 따라 과학논문과 특허 데이터를 이용하여 실증적인 분석을 수행한 연구이다. 과학기술의 지식흐름을 분석하기 위해서는 먼저 과학, 기술, 산업의 지식창출이 어떠한 특성을 가지고 있는지를 살펴볼 필요가 있다. 이러한 특성을 기초로 과학과 기술, 기술과 산업의 연계관계를 파악하고 실제 분석을 위한 연계체계를 구성하는 일이 필요하다. 본 논문에서는 과학기술 지식의 특성과 연계관계에 대한 기존의 연구들을 개관하였으며, 과학기술의 지식흐름을 포착하고 연계관계를 분석하기 위한 과학과 기술, 기술과 산업 간의 분류체계를 설정하고, 연계방법을 검토하였다. 이에 기초하여 실제 과학-기술-산업 간의 기술혁신 연계관계를 분석하기 위한 모델을 구성하였다. 마지막으로 앞에서 검토된 이론과 방법론을 이용하여 미국특허청에 등록된 한국인 특허, 이 특허에 인용된 과학논문, 그리고 이들 특허를 인용한 다른 미국특허에 대한 정보를 추출하여 분석에 적용할 수 있는 형태로 가공한 후, 실제 분석을 수행하였으며, 이에 따른 다양한 측면의 분석결과를 얻었다.

핵심어 : 과학지식, 기술지식, 지식흐름, 지식연계, 기술혁신

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

\*\* 한국과학기술정보연구원 책임연구원, cheree1@kisti.re.kr, 02-3299-6015

\*\*\* 한국과학기술정보연구원 선임연구원, wdyeo@kisti.re.kr, 02-3299-6017

## ABSTRACT

---

The relationships between science, technology, and industry are very complicated and vary according to time. Thus, it would be almost impossible to combine the three categories in a single model. However, the linking of science, technology, and industry, which are divided according to their respective classification standards, is a starting point from which to understand how science and technology, technology and industry, and further science, technology, and industry are related to each other.

Studies have been carried out to analyze the relationship between science and technology and between technology and industry, whereas no study has been undertaken to get an overall view of science, technology, and industry. Since an appropriate methodology or an analytical model has not been suggested, this paper proposes a model for generally analyzing science, technology, and industry. More specifically, this paper examines the methodology for linking science, technology, and industry.

This paper uses citation analysis to analyze knowledge flow such as absorption and utilization of given knowledge, looks at the provision of knowledge to create new knowledge, and examines the use of network analysis to analyze the complicated phenomenon of knowledge flow. This paper proposes an empirical study of trend analysis of technological innovation by looking into a linkage structure of knowledge flow among science, technology, and industry based on the classification linkage and analysis methodology using scientific paper and patents.

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

---

## I. 서 론

과학기술은 기술혁신을 통해 경제발전에 기여하고, 궁극적으로 우리 생활을 풍요롭게 만들어주는 원천이 되고 있다. 과학기술이 경제발전에 미치는 영향은 많은 연구(Nelson and Winter, 1982; Freeman, 1994; Grupp, 1998)에서 제시되고 있고, 이러한 관계는 기술-경제 패러다임으로 불리고 있다. 그러나, 과학, 기술, 경제는 각각의 본연의 목적이 다르고, 그 활동주체도 과학자, 기술자, 기업이라는 다른 형태로 구성되어 있어 이들 간의 관계를 체계적으로 분석하기 위한 연계관계를 밝혀내는 일은 쉽지 않은 것이 현실이다. 그럼에도 불구하고, 이들 간에 상호의존적 관계를 규명함으로써 효과적 과학기술정책을 모색하려는 노력은 지속되었다(Van Vianen et al., 1990).

특히 과학과 기술의 연계관계 강화에 따라 이들간의 관계가 어떤 형태를 띠는지에 대해 연구가 본격적으로 이루어지게 되었다. 대표적인 예는 선형모형(Kline and Rosenberg, 1986; Autio et al., 2004)이라고 할 수 있다. 이는 과학이 기술을 푸쉬하는 형태로 묘사해왔으나, 현실을 제대로 반영하고 있지 못하다는 비판을 받아왔다(Narin, 1994; Narin et al., 1997). 과학이 언제나 선행되고, 그에 이어 기술이 출현하는 것은 아니며(Mowery, 1983), 기술마다 과학에 대한 의존성이 다르다는 등의 이유 때문이었다. 한편 Kline and Rosenberg(1986)가 사슬모형을 제안했지만, 이 역시 현실반영의 한계를 보여 그 타당성에 의심을 받았다. 최근의 경향은 과학과 기술의 상호작용 모형을 보다 더 적절한 것으로 받아들이고 있다(Rosenberg, 1990).

또한, 상호작용 모형의 출현 이후 과학, 기술, 산업 간의 관계를 규명하려는 노력은 다각도로 진행되었다. 일부 연구는 과학과 기술의 측면에서, 어떤 연구는 기술과 산업 측면에서, 또 다른 연구는 과학과 산업의 측면에서 관계를 밝히고자 하였다. 그러나, 어떤 분야의 과학이 특정 분야의 기술, 산업에만 관계되지 않고, 기술 역시 하나의 산업에만 연계되지 않기 때문에, 이들 간의 관계를 통합적으로 설명할 수 있는 모델은 제시되고 있지 못한 상태이다. 또한 국가 수준에서 장기간 축적되고 분류된 과학, 기술, 산업관련 정보가 존재하지 않아, 거시적 측면의 문제를 바라보려는 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 연계하기 위한 틀을 제시하는 일은 과학과 기술, 기술과 산업, 더 나아가 과학-기술-산업에 어떠한 관계가 있는지를 파악하는 데 출발점이 된다는 점은 부인할 수 없다. 지금까지 과학과 기술, 기술과 산업

간의 관계를 별도로 분석한 연구는 있었지만 과학-기술-산업의 관계를 통합적으로 조망한 연구는 없었으며, 적절한 방법론이나 분석모델이 제시되지 못하고 있는 실정이라는 점에서 과학, 기술, 산업을 종합적으로 분석하기 위한 모델을 구상하고 이를 통해 실제 데이터를 적용하여 분석을 시도할 필요성이 제기된다.

본고는 과학기술 지식흐름을 논문과 특허라는 비체화된 지식을 대상으로 계량정보학적 접근방법을 통해 기술혁신의 연계구조를 규명하고자 한다. 그런데 과학기술 지식흐름이 기술혁신으로 이어지는 과정에는 다양한 요소가 영향을 미친다. 또한 바이오 분야와 같이 기술혁신 과정에서 논문이나 특허로는 포착되지 않는 암묵적 지식이 중요한 역할을 하거나, 과학적 발견이 특허와 같은 기술지식으로 변형되는 과정을 거치지 않고 곧 바로 산업화로 발전하는 경우도 존재한다. 본 논문은 다양한 유형의 과학기술의 지식유형 중에서 논문과 특허라는 코드화된 과학지식과 기술지식을 이용하여 과학계량학적 방법론을 적용한 연구로서, 이론적 배경을 검토하고 논의를 전개하는 과정은 물론, 연구모형을 설정하고 분석방법론을 설계하는 과정이 이러한 차원에서 이루어지며, 따라서 분석결과를 해석하고 이를 통해 실제 기술혁신 현상을 예측하는 데 있어서도 한계가 있다는 점을 고려할 필요가 있다.

## II. 과학-기술-산업 연계분석 모델설정

### 1. 과학-기술-산업 지식흐름과 기술혁신 분석의 틀

본 연구에서는 과학-기술-산업의 연계라는 측면에서 Thomson Scientific의 Web of Science에서 제공하는 과학분야의 분류와 국제특허분류(IPC)를 활용하여 과학과 기술의 분류를 산업분야에 연계시키고자 한다.

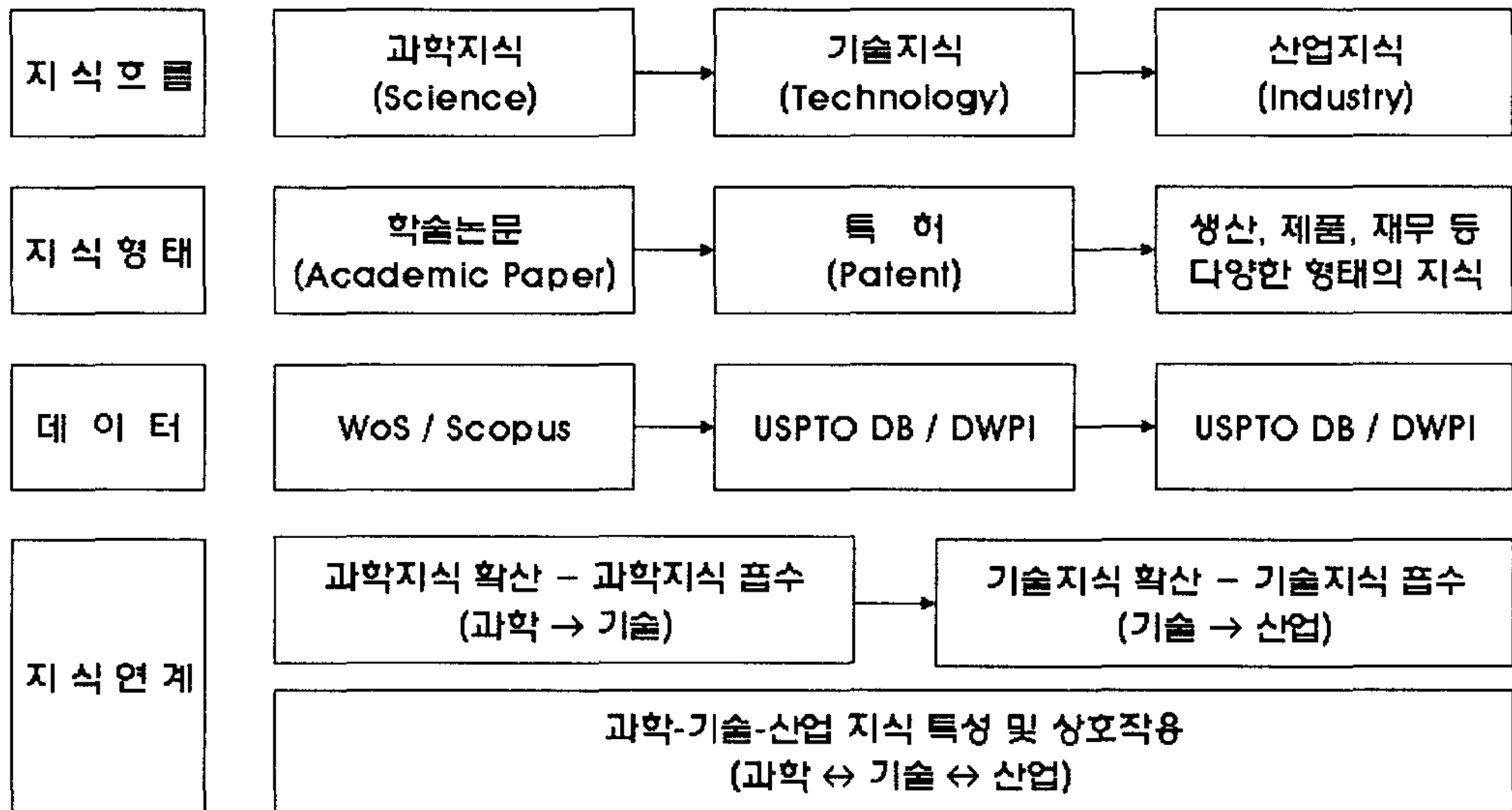
이를 위해 본 연구에서는 과학, 기술, 산업의 지식생성과 지식으로서의 과학, 기술, 산업의 특성, 그들 간의 연계관계 및 분류체계를 고려하여 과학-기술-산업 지식흐름의 연계구조를 분석하기 위한 기본적인 구조를 구상하면 (그림 1)과 같이 제안할 수 있다.<sup>1)</sup>

그림을 보면, 분석의 틀은 과학기술로부터 기술지식을 거쳐 산업으로 이어지는 지식흐름, 학술논문, 특허, 제품으로 구성되는 지식형태, Web of Science, 미국특허 등 지식이 축적되는 데이터, 지식의 확산과 흡수, 그리고 지식의 특성과 상호작용 분석을 통해 수행되는 과학과

1) 과학기술과 산업간 지식흐름의 연계구조 분석 틀의 설정을 위한 이론적 근거 등은 박현우(2006)와 박현우박선영(2006)에 상세히 제시되어 있다.

기술, 기술과 산업의 연계체계를 보여주고 있다.

여기에서 산업지식의 대리변수로서 활용할, 체계적으로 축적된 데이터는 사실상 존재하지 않는다. 따라서 과학기술 지식이 기술혁신 과정에서 산업에 미치는 영향은 기술과 산업적 특성을 동시에 가지고 있는 특허 데이터를 활용하여 분석하는 방안이 고려되어야 할 것이다. 즉, 특허지식의 창출과 그것의 활용이나 특허정보의 인용에 대한 시계열적 특성을 통한 지식흐름의 분석이 이루어지게 된다. 이 과정에서는 특허분류와 기술분류를 연계하기 위한 기술분류표, 그리고 IPC와 산업분류를 연계하기 위한 산업분류표를 설정할 필요가 있다.



(그림 1) 과학-기술-산업 지식흐름의 연계구조 분석의 틀

## 2. 과학-기술-산업 분류 연계방식의 결정

### 1) 과학-기술 분류체계 연계

과학지식과 기술지식의 연계분석을 위해 우선, 과학지식의 분류는 Thomson Scientific (ISI)의 과학논문 분류(SCI 분류)를 따르기로 한다. 그리고 이 과학논문의 분류를 기술지식과 연계하기 위해서는 기술지식의 대리변수로서의 특허의 분류인 IPC를 그대로 사용할 경우 분석결과가 지나치게 복잡하고 그 해석이 거의 불가능하기 때문에 IPC 코드를 별도의 기술분류체계로 전환할 필요가 있다.

유럽연합(EU)은 학문분야와 기술분야간 상호작용을 측정하기 위해 IPC 코드에 기반하여 기술 위주로 30개 분야로 재분류하여 OST/INPI/ISI 기술분류표를 개발하였다. 이 특허기술 분류표는 EU의 지원 아래 프랑스 과학기술통계국(Observatoire Science et Technology: OST)과 프랑스 특허청(Institute Nationale Propriete Industrielle: INPI), 독일의 프라운호퍼 ISI(Fraunhofer Institute for Systems of Innovation Research: FhG-ISI)에 의해 개발되었으며, 전기전자, 도구 및 장치, 화학 및 바이오기술, 제조공정, 기계류, 소비재 등의 6개 분야로 크게 구분된다.<sup>2)</sup>

이 연구에서는 IPC 분류뿐만 아니라 유럽연합에서 사용하는 OST/INPI/ISI 특허기술분류표를 이용하여 학문분야와 기술분야간 연계관계를 측정하고자 한다.

## 2) 기술-산업 분류체계 연계

특허자료를 이용하여 경제적 분석을 시도하거나 산업적 파급효과 등을 파악하고자 할 경우 일반적으로 직면하는 문제는 기술 혹은 법률적 목적으로 구분된 IPC를 경제적 분석에 적합한 산업분류체계로 변환하는 일이다. IPC는 유사한 기술을 구분하려는 법률적 목적으로 고안되었기 때문에 일반적인 경제분석에 직접 적용하는 데 문제가 따른다. 예를 들어 IPC 소분류 B05<sup>3)</sup>는 분사기에 대한 특허건을 집계하고 있는데, 농업의 살충제 분사기는 화학비료나 농기계 산업으로 분류되어야 할 것이며, 향수병의 경우 소재에 따라 유리나 금속산업으로 분류되어야 할 것이다(Johnson, 2002). 따라서 이러한 특성을 고려하여 특허 기술 분류와 산업분류 체계를 연계하고자 하는 노력이 다음과 같이 이루어져 왔다.

첫째, IPC와 산업분류를 연계하고자 하는 초기의 시도 중 하나는 Evenson and Putnam(1988)이다. 이들은 이후 캐나다 특허청 자료를 이용하여 일치작업을 실시하였다. 캐나다 특허 심사관들은 1972~1995년 기간에 등록된 30만 건의 특허에 대하여 IPC 코드와 산업분류, 그리고 이 기술이 사용되는 산업을 동시에 지정하는 작업을 수행하였다. 이러한 자료를 기초로 8개의 IPC 분류와 25개 산업분류를 일치시키는 소위 예일-캐나다 특허연계 작업을 실시하였다. 이는 YTC (Yale Technology Concordance)라고 불린다. 그런데 이 연계작업은 캐나다의 산업분류에 기초하고 있어서 국제표준산업분류로 재변환해야 한다는 문제와 IPC 분류가 상세하지 않다는 한계를 지니고 있다.

둘째, Verspagen et al.(1994)은 IPC 분류(서브클래스)를 22개의 국제표준산업분류(2판)와 일치시키는 작업(MERIT Concordance)을 수행하였다. 그러나 625개의 IPC 분류가 일정한

2) OST/INPI/ISI 기술분류기준에 대해서는 OECD(1994)를 참조할 수 있다.

3) B05로 분류되는 IPC는 "spraying or atomising in general; applying liquids or other fluent materials to surfaces, in general"로 정의되어 있다.

가중값을 가지고 산업분류로 전환되기 때문에 연계작업에 상당한 시간이 소요된다.

셋째, 국제특허분류와 국제표준산업분류 간의 연계를 위한 또 다른 노력은 Johnson (2002)에 의해 이루어졌다. Evenson and Putnam(1988)의 예일-캐나다 연계작업을 연장하여 625개의 IPC 분류가 115개 제조업 부문 및 사용 부문과 일치되는 확률을 계산하였다. 이러한 연계작업의 결과는 OTC(OECD Technology Concordance)라고 부른다. 그런데 이 작업도 역시 앞의 예일-캐나다 연계작업에서처럼 특허분류를 산업분류로 변환할 때 캐나다 특허 심사관의 개인적인 판단에 의존하고 있어 기술편이(technology bias)가 발생할 가능성이 높다. 그리고 캐나다 특허청의 경우 1995년까지 등록된 특허에 대해서만 이러한 연계작업을 수행하고 이후 중지함에 따라 최근의 변화를 반영하지 못하는 한계를 가지고 있다.

넷째, 최근의 연계작업은 Schmoch et al.(2003)의 EU집행위원회(European Commission)에 대한 보고서로서, 이는 독일, 프랑스, 그리고 영국 등 3개국 연구기관의 협력작업 결과이다. 독일 Fraunhofer ISI(Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research), 프랑스 OST(Observatoire des Sciences et des Techniques), 그리고 영국의 SPRU (Science and Policy Research Unit, University of Sussex)가 참여하였는데, Fraunhofer ISI는 산업과 기술 분류에 대한 정의를 맡았으며, OST는 대응표의 정교화 작업, SPRU는 대응표의 통계적 타당성 검증을 맡았다. 이들은 625개 IPC 분류를 국제표준산업분류(ISIC)에 기초한 44개의 제조업 분류와 연계시키는 작업을 수행하였다. 이때 IPC 분류를 오직 하나의 산업분류와만 일치시켰다. 즉, 가장 중요한 산업에 일치시키는 방법을 취하였다. 그리고 일치과정에서 Dun & Bradstreet 자료를 이용하여 특허출원한 기업들이 소속된 산업을 파악하였다.

한편, 미국의 경우 1974년에 미국특허청(USPTO)은 특허분류(US Patent Classification: USPC)와 41개 미국 표준산업분류를 연계시키는 작업(USPC-SIC Concordance)을 수행하였으며, 국립과학재단(NSF)의 지원에 따라 정기적으로 갱신작업을 수행해 왔다. 연계작업은 USPC의 정의를 기초로 41개 산업 중의 하나 또는 둘에 대응시키는 방법을 따르고 있다(Hyrabayashi, 2003). 이 일치작업은 미국 특허분류 및 산업분류에 기초하고 있어 여타 국가들의 특허분석 작업에 적용하기에는 추가적인 노력과 시간이 필요하다.

본 고에서는 앞에서 소개한 선행연구 중 가장 최근의 연구결과인 Schmoch et al. (2003)의 방법을 사용하여 기술분류와 산업분류 간의 연계작업을 수행하였다. 여기에서는 원래 국제표준산업분류(ISIC)로 설정된 당초의 분류체계를 기반으로 한국표준산업분류(KSIC)로 조정하여 연계표를 작성한다.



### Ⅲ. 데이터 수집과 분석방법

#### 1. 데이터의 수집

본 연구는 한국인이 출원한 미국특허에 인용된 과학논문을 이용하여 한국의 특허기술과 관련된 과학적 지식기반을 규명하고, 이 과학논문이 한국인 특허의 향후 인용에 어떤 영향을 미치는지를 밝힘으로써, 기술혁신의 핵심적 역할을 하는 특허를 중심으로 과학기술 지식흐름을 규명하고 기술혁신의 추세를 발견하기 위한 것이다. 이를 위해 한국인이 출원한 미국특허를 중심으로 <표 1>과 같은 세 가지 대표적인 유형의 데이터를 수집하였다.<sup>4)</sup>

<표 1> 수집 데이터의 대표적 유형

- 한국인이 미국특허청에 출원하여 등록된 미국특허
- 한국인 출원 미국특허의 표제면에 인용된 과학논문
- 미국특허 중 한국인 특허를 표제면에 인용하고 있는 미국특허

1990년 이전 한국인이 미국특허청에 출원하여 등록된 미국특허는 극히 소수에 불과하며, 이 시기에 등록된 한국인의 미국특허 중 과학논문을 인용하고 있는 특허는 거의 없었다. 이 연구를 위해서 기본적으로 1990년부터 2006년까지 미국 특허청에 등록된 특허를 전체 대상 데이터 세트로 하였다. 이를 기반으로 1990년부터 2004년까지 출원기관 또는 발명자의 국적이 한국으로 지정된 미국특허 32,935건을 한국과학기술정보연구원(KISTI)이 구축한 미국특허 DB로부터 추출하였다. 그리고 미국특허로 등록된 이들 한국인 특허에서 비특허문헌(Non Patent Literature: NPL)을 인용하고 있는 특허번호를 추출하였다. 이 특허번호를 이용하여 미국 특허청의 특허검색 사이트에서 각 특허에 대한 검색을 통해 비특허문헌을 수집하였다.

4) 본고에서는 한국인이 출원한 특허를 중심으로 지식흐름을 통한 기술혁신의 파급현상을 분석하기 위해 미국특허를 이용하였는데, 이는 미국특허청의 경우 한국, 일본 유럽 등의 특허청과는 달리 특허 출원인이 발명에서 참고한 과학논문이나 다른 특허에 대한 정보를 제시하도록 하고 있으며, 또한 특허심사관이 발명의 주제와 관련있는 선행기술이라고 판단한 참조문헌 리스트를 특허 표제면(title page 또는 front page)에 기술하고 있어 인용정보 분석을 통한 지식흐름의 규명이 가능하기 때문이다.



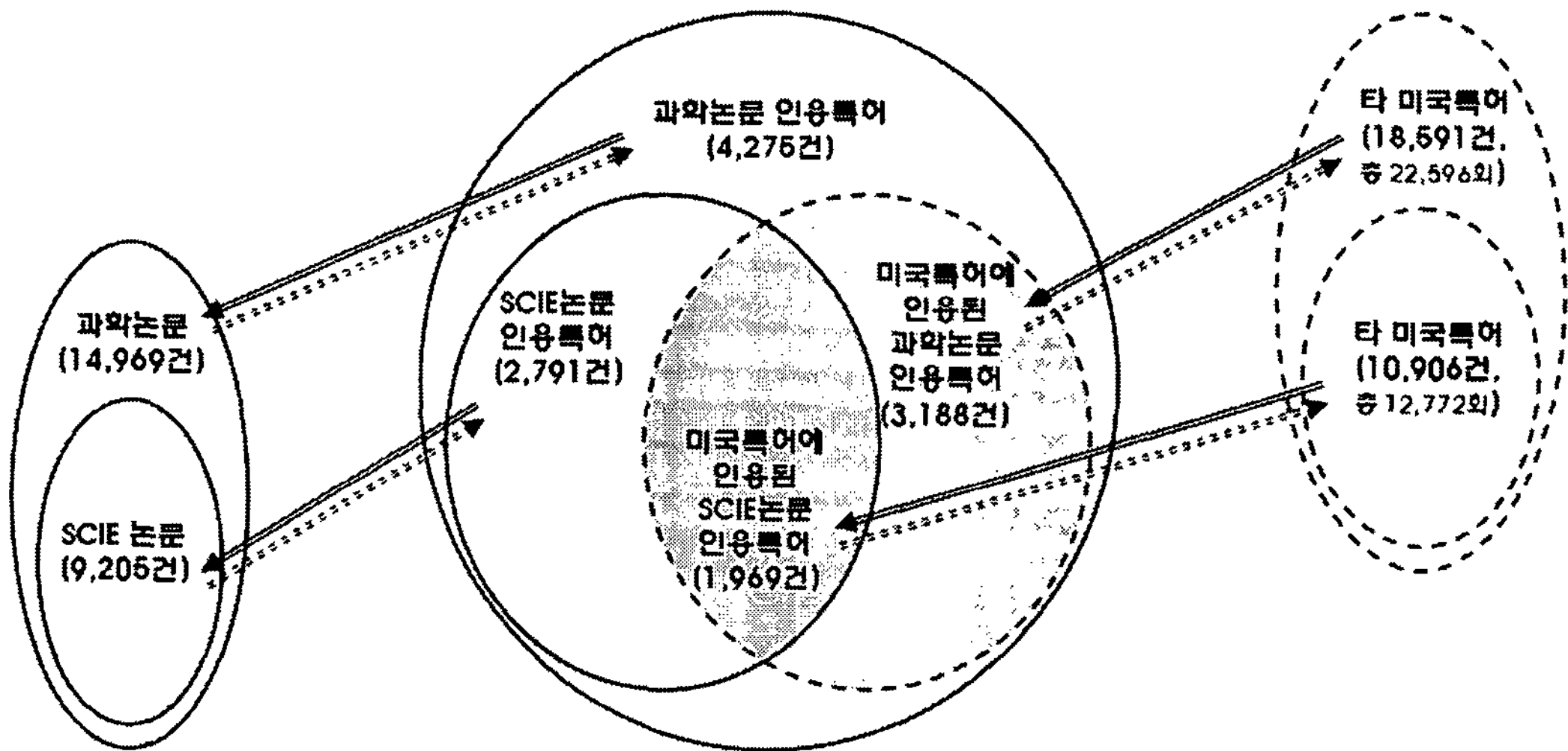
〈표 2〉 분석대상 데이터의 유형요약

데이터 유형	건 수	비 고
A. 미국특허청 등록특허	2,186,630	- 1990-2006년간 전체 미국특허
B. 한국인 등록특허	32,935	- 1990-2004년간 한국인 등록 미국특허
C. 비특허문헌(NPL) 인용특허	6,345	- B의 19.3%
H. 인용된 비특허문헌	21,826	- C의 1건당 평균 3.44건
D. 과학논문 인용특허	4,275	- B의 13.0% - C의 67.4%
I. 인용된 과학논문	14,969	- D의 1건당 3.5건 - H의 68.6%
E. SCIE 논문 인용특허	2,791	- B의 8.5% - C의 44.0% - D의 65.3%
J. 인용된 SCIE 논문	9,205	- E의 1건당 평균 3.3건 - I의 61.5%
F. 타 특허에 인용된 과학논문 인용특허	3,188	- 1990-2006년간 피인용 - D의 74.6%
K. 한국인특허 인용 타 미국특허 (인용횟수)	18,591 (22,596)	- F의 1건당 평균 5.8건 (F의 1건당 평균 7.1회 인용)
G. 타 특허에 인용된 SCIE 논문 인용특허	1,969	- 1990-2006년간 피인용 - E의 70.5% - F의 61.8%
L. 한국인특허 인용 타 미국특허 (인용횟수)	10,906 (12,772)	- G의 1건당 평균 5.5건 (G의 1건당 평균 6.5회 인용)

미국특허청에 등록된 한국인 특허 중 비특허문헌을 인용하고 있는 특허는 6,345건이었으며, 이들 특허에서 인용된 비특허문헌은 총 21,826건이었다. 그리고 이들 비특허문헌을 자료의 유형별로 구분하였다. 학술지 또는 학술회의자료에 수록된 과학논문을 인용한 특허는 4,275건이었으며, 이들 특허에 인용된 과학논문은 총 14,969건이었다. 또한 SCIE 논문을 인용한 특허는 2,791(과학논문을 인용한 한국인 등록특허 4,275건의 65.3%)이었으며, 이들 특허에 인용된 SCIE 논문은 총 9,205건이었다. 이상의 데이터는 과학논문과 특허와의 연계관계를 통해 과학지식의 기술지식으로의 흐름을 분석하기 위한 기초자료로 이용된다.

한편 특허로 등록된 한국의 기술이 다른 특허에 의해 인용(활용)됨으로써 산업분야로의 파급이 이루어지는 데 있어서 과학논문이 어떠한 영향을 미치는지를 분석하기 위해 미국

특허 중 2006년말까지 한국인 특허를 인용하고 있는 미국특허를 KISTI가 구축한 미국특허 데이터베이스로부터 수집하였다. 1990년부터 2004년까지 미국특허청에 등록된 한국인 특허 가운데 과학논문을 인용한 특허 4,275건 중 약 75%에 달하는 3,188건이 등록 이후 2006년까지 미국특허 18,591건에 의해 총 22,596회 인용되었다. 또한 이들 미국특허에 인용된 한국인 특허 중 SCIE 과학논문을 인용한 특허는 총 1,969건이었으며, 인용된 횟수는 총 12,772회였다. 이와 같은 한국인 특허의 다른 미국특허로의 인용데이터는 기술지식의 산업으로의 지식파급 현상을 분석하기 위한 기초자료로 활용된다. 본 연구에서 사용된 데이터의 유형을 요약하면 <표 2>와 같다.



(그림 2) 분석대상 데이터의 유형과 관계

주: 그림에서 실선으로 표시된 화살표는 인용의 방향을 나타내며, 점선으로 표시된 화살표는 지식흐름의 방향을 나타냄. 좌측의 화살표들은 한국인특허를 기준으로 과학지식 흡수를 의미하는 후방인용(backward citation)이며, 우측의 화살표들은 기술지식 확산을 의미하는 전방인용(forward citation)을 나타냄.

이처럼 본 고에서 분석대상으로 하는 데이터는 기술지식을 표현하는 특허 데이터와 과학지식을 표현하는 과학논문 데이터로 구성되는 하나의 그룹, 그리고 과학-기술 지식 흐름과 기술-산업 지식흐름의 연계관계를 나타내는 인용(과학논문→특허, 특허→특허) 데이터로 구성되는 또 하나의 그룹으로 구분될 수 있으며, 각각은 다시 다양한 유형의 데이터로 나타나고 있다. 이들 데이터의 유형과 데이터들 간의 관계를 그림으로 나타내면 (그림 2)와 같다.

## 2. 분석방법

과학, 기술, 산업 간의 연계관계를 분석하기 위해 먼저 과학과 기술 간의 관계가 지식의 확산과 흡수를 통해 어떻게 연계되고 있는지를 분석하기 위해 Verbeek et al.(2002)에서 제시된 과학확산지수(science diffusion indicator)와 과학흡수지수(science absorption indicator)의 개념을 사용하였으며, 기술과 산업 간의 관계에 대해서는 이들 개념을 확장한 기술확산지수와 기술흡수지수의 개념을 별도로 정의하여 분석에 사용하였다.

한편 과학과 기술, 그리고 기술과 산업 간의 지식흐름 관계를 통합하여 분석하기 위해서는 과학, 기술, 산업을 연계하기 위한 분류체계의 설정이 필요하다. 특허에 인용된 과학논문은 과학활동 영역과 기술활동 영역을 연결짓는 교량역할을 한다. 과학영역을 구분하기 위해 SCIE 학문분류표를 사용하였으며, 기술영역을 구분하기 위해 특허에 부여된 IPC의 서브클래스(4단위)를 사용하였다. SCIE 과학논문에 부여된 학분분야 코드는 모두 115개였다. 그리고 SCIE 과학논문을 인용하고 있는 한국인 특허에 부여된 IPC 기술분야 코드는 모두 166개였으며, 이를 OST/INPI/ISI로 연계할 경우 기술분야는 총 30개 분야가 된다. 따라서 과학과 기술간의 지식흐름을 파악하기 위해  $115 \times 30$ 의 SCIE 학분분야  $\times$  기술분야(OST/INPI/ISI) 매트릭스를 작성하였다. 여기에서 하나의 과학분야는 복수의 기술분야와 연계되어 있으며, 하나의 기술분야는 복수의 과학분야와 연계되어 있다.

그런데, 대부분 국가에서 특허데이터에 쉽게 접근할 수 있지만 이들 데이터의 제공형태의 한계로 인해 산업분야에서 활용하는 것은 아직 제한적인 수준이다. OECD Technology Concordance(OTC)는 IPC 기반의 특허 데이터를 경제산업 분야별 특허건수로 전환할 수 있도록 해주는 가교역할을 하는 도구이다. OTC의 목표는 하나의 분류체계를 다른 분류체계로 변환하여 매칭시키는 것이다. 특히 OTC는 특허제품 또는 과정범주를 그 생산 및 활용에 책임지는 경제부문으로 매핑하는 것이다. OTC 방법론은 IPC를 SIC(Standard Industrial Classification System) 기반영역으로 변환하는 단계와 SIC 기반영역을 ISIC(International Standard Industrial Classification System) 기반 영역으로 변환하는 단계로 구성되어 있다. 이 방법에서는 30만 건의 캐나다 특허에 수록된 IPC를 확인하고, 각 특허에 대한 IOM(Industry of Manufacture)과 SOU(Sector of Use)를 읽은 후, 각 IPC에 대한 확률값을 계산한다. 이 과정은 특허데이터의 벡터(IPC가 부여된 특허)를 상관관계형 특허 데이터 매트릭스(IOM-SOU 매트릭스)로 변환한다. 이 결과로부터 각 발명의 산업분야(IOM)가 전체에서 차지하는 중요도뿐만 아니라, 각 활용분야(SOU)의 중요도, 그리고 IOM과 SOU 상호작용의 중요도를 파악할 수 있게 된다.

본 연구에서는 과학-기술-산업에 대한 지식흐름을 파악하기 위해 OTC의 방식을 참고하여 학문분야(SCIE: 115) × 기술분야(OST/INPI/ISI: 30) 행렬과 기술분야(OST/INPI/ISI: 30) × 산업분야(ISI/OST/SPRU: 44) 행렬 등 2개의 행렬을 생성한다. OTC 프로그램을 수정하지 않고 과학-산업에 대한 지식흐름을 계량적인 방법으로 산출하는 것은 어렵기 때문이다. 과학-기술에 대한 115 × 30의 학문분야 × 기술분야 행렬과 기술-산업에 대한 30 × 44의 기술분야 × 산업분류 행렬에 대하여 행렬연산 과정을 통해 과학-산업에 대한 학문분야 × 산업분류 행렬을 구할 수 있다.

#### IV. 과학기술 지식흐름과 기술혁신 연계관계 분석

특허가 과학논문을 많이 인용하면 할수록 과학지식과 기술지식의 연계관계가 크다고 해석할 수 있고, 또한 인용까지의 평균시차가 짧으면 짧을수록 과학지식과 기술지식의 확산 속도가 그만큼 빠른 것으로 해석할 수 있다. 과학논문과 특허를 대상으로 과학집약도가 높은 기술분야, 여러 학문분야를 많이 인용하고 있는 기술분야, 그리고 여러 기술분야에서 가장 많이 인용되는 학문분야를 발견할 수 있다. 또한 하나의 특허가 다른 특허에 인용되는 관계를 통해 피인용특허의 기술분야와 인용특허의 산업분야에 대한 연계 매트릭스를 구성함으로써 기술지식이 파급연계되는 산업분야를 확인할 수 있다. 여기에서는 이러한 과학기술 지식의 연계관계를 규명함으로써 어떤 유형의 지식이 기술혁신에 있어 기초가 되는지, 어떤 기술분야가 과학적 지식을 역동적으로 활용하는지, 그리고 산업계의 요구와 긴밀한 관계를 맺고 있는 학문분야는 어떤 분야인지를 분석하고자 한다.

##### 1. 과학-기술 지식흐름의 연계관계 분석

특허에 인용된 과학논문 또는 과학논문에 인용된 특허는 과학지식의 활동영역과 기술지식의 활동영역을 연결하는 교량역할을 한다. 과학논문과 특허간 연계를 통해 학문분야와 기술분야 간의 집중화 현상 또는 상호작용의 역동성을 파악할 수 있다. 특허와 과학논문 간의 연계관계를 파악하는 것은 산업분야의 연구개발에 영향을 미칠 것으로 예측되는 학문분야를 지원해야 하는 정책결정자에게 특히 중요하다.

과학논문이 포함된 학문분야와 특허가 포함된 기술분야간 상호작용을 분석하기 위해 특허에 인용된 과학논문 중 SCIE(Science Citation Index Expanded) 데이터베이스에 수록된 과학논문을 이용하였다. 1990년부터 2004년까지 미국특허청에 등록된 한국인 특허 중 SCIE 과학논문을 인용하고 있는 특허는 2,791건이었다. 이 특허에 인용된 SCIE 과학논문은 모두 9,205건으로서, 한국인 특허에 인용된 전체 과학논문 14,969건의 61.5%를 차지한다.

전세계 모든 특허는 국제특허분류(IPC)에 따라 분류되고 있다. IPC의 서브클래스를 기준으로 30개 기술분야로 구분한 OST/INPI/ISI 특허기술분류표에 따라 한국인 특허의 기술분야를 구분하였다. 또한 SCIE 데이터베이스에 사용된 172개의 학문분야 코드를 과학논문에 부여하였다.

SCIE 과학논문을 인용하고 있는 한국인 특허에 부여된 IPC 기술분야 코드는 모두 166개였으며, SCIE 과학논문에 부여된 학문분야 코드는 모두 115개였다. 학문분야와 기술분야간 상호작용을 파악하기 위해 166개 기술분야와 115개 학문분야로 이루어진 상호교차표를 작성하였다. 각 기술분야는 1개 이상의 학문분야와 연계되어 있으며, 각 학문분야는 1개 이상의 기술분야와 연계되어 있었다. 이 상호교차표를 통해 과학기술간 연계구조에서 학문분야의 역할, 특정 학문분야와 관련된 기술분야를 확인하였다.

### 1) 과학분야의 지식확산

학문분야와 기술분야 간의 관계에서 어떤 과학분야가 어떤 기술분야와 상호작용을 하는지를 밝혀낼 수 있다. 특허에 인용된 과학논문이 포함된 115개 SCIE 학문분야 중 과학논문이 가장 많이 인용된 상위 20개 학문분야<sup>5)</sup>와 이들 학문분야에 속한 과학논문을 인용하고 있는 기술분야를 도출하였다.

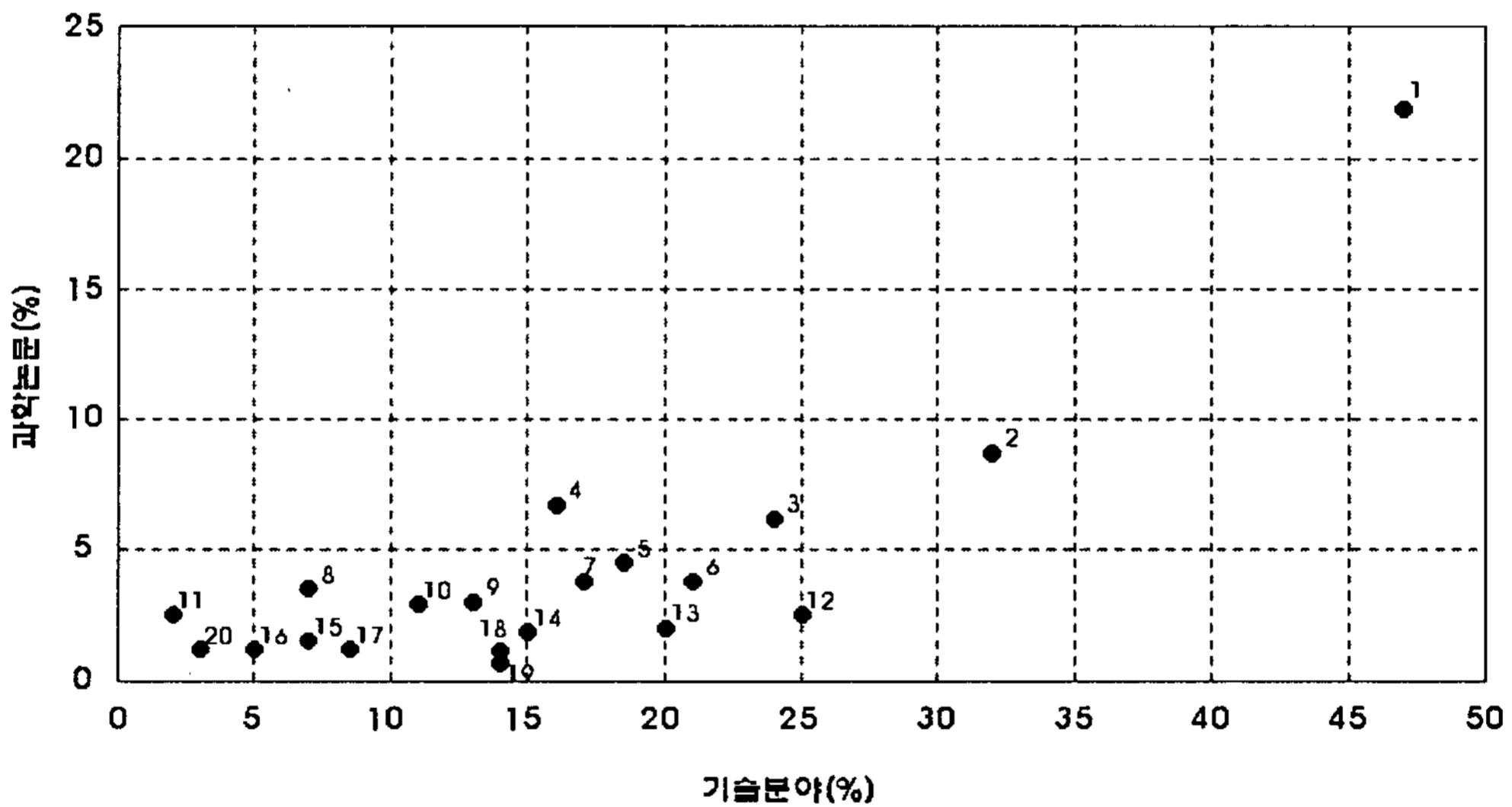
학문분야와 기술분야 간의 연계를 통해 기술분야내 과학논문의 확산패턴을 확인하였다. 특허에서 과학논문의 역할을 확인할 수 있도록 해주는 기술분야내 학문분야의 확산패턴은 제한된 자원을 선택적으로, 그리고 집중적으로 사용할 수 있는 논리적 근거를 제공해준다.

기술분야 내에서 학문분야의 확산패턴을 정량적 수치로 표현한 것이 '과학확산지수'이다. 이 과학확산지수는 피인용 과학논문이 속한 학문분야와 인용을 통해 연계된 기술분야의 수를 나타낸다(Verbeek et al., 2002). 과학확산지수가 높다는 것은 한 학문분야와 연계된 기술분야의 수가 많고, 다양한 기술과 관련성을 맺고 있으며, 학문의 응용범위가 넓다는 것을 의미한다. 반대로 과학확산지수가 낮다는 것은 한 학문분야와 연계된 기술분야의 수가 적으며, 기술개발과 관련된 학문분야의 집중도가 높다는 것을 말한다.

<sup>5)</sup> Thomson Scientific의 SCI DB에 수록된 저널의 해당 학문분야에 대한 정의에 대해서는 당사 웹사이트 (<http://scientific.thomson.com>)에 구체적인 설명(Scope Notes)이 제시되어 있다.

$$\text{과학확산지수} = \frac{\text{1개 학문분야와 인용연계된 IPC 기술분야의 수}}{\text{전체 학문분야와 인용연계된 전체 IPC 기술분야의 수}}$$

(그림 3)에서 보면, 과학확산지수가 가장 큰 학문분야는 전기 및 전자공학이며, 그 다음은 응용물리학, 재료과학, 다학문분야 등의 순이다. 이들 분야는 기술개발을 위한 기반으로 강력한 과학확산의 패턴을 보이고 있으며, 우리나라의 기술개발과 관련하여 기술분야 내에서 활용도가 높은 과학분야이다. 또한, 이러한 분석결과는 우리나라의 기술개발이 기초과학적 기반보다는 응용과학적, 공학적 기반이 강하다는 점을 보여주는 것이라고 할 수 있다.



(그림 3) 학문분야별 과학확산 패턴

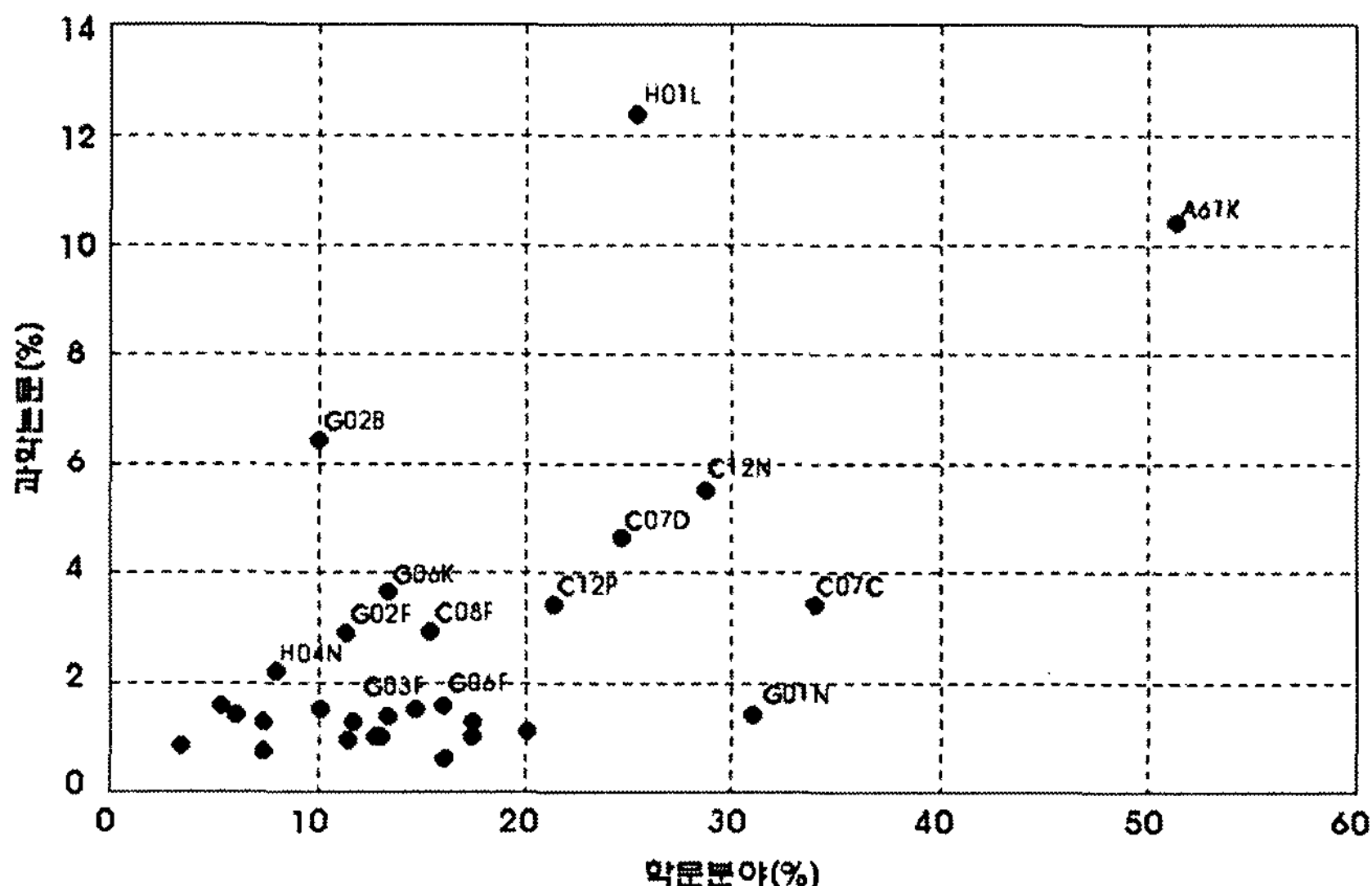
- 주: 1. 전기전자, 2. 응용물리, 3. 다학문분야, 4. 생화학/분자생물학, 5. 고분자, 6. 화학(다학문), 7. 광학, 8. 의화학, 9. 바이오기술 및 산업미생물학, 10. 유기화학, 11. 안과학, 12. 재료과학(다학문), 13. 물리화학, 14. 전기화학, 15. 무기화학, 16. 약리학 및 약제학, 17. 식물학, 18. 재료과학 및 세라믹, 19. 컴퓨터과학, 하드웨어, 아키텍처, 20. 생화학연구방법

2) 기술분야의 지식흡수

학문분야와 기술분야 간의 연계를 통해 기술분야내 과학논문의 흡수패턴을 확인하고자 하였다. 특정 기술분야에 인용된 과학논문들이 분류된 학문분야의 수를 '과학흡수지수'라고 한다(Verbeek et al., 2002). 과학흡수지수는 한 기술분야가 지니고 있는 과학적 지식기반이 광범위한지, 혹은 협소한지를 나타낸다.

$$\text{과학흡수지수} = \frac{\text{1개 IPC 기술분야와 인용연계된 학문분야의 수}}{\text{특허에 인용된 과학논문의 전체 학문분야의 수}}$$

한국인 특허에 인용된 SCIE 과학논문은 전체 115개 학문분야 중 하나에 포함된다. <그림 4>는 SCIE 과학논문을 가장 많이 인용한 IPC 기술분야 30개의 과학지식 흡수패턴을 보여주고 있다. SCIE 과학논문을 가장 많이 인용하고 있는 상위 8개 IPC 기술분야가 한국특허에 인용된 전체 SCIE 과학논문 중 50%를 차지하고 있었다. 특허기술을 개발하는데 다양한 학문분야와 가장 높은 연계를 보이는 기술분야는 의약품 분야(A61K)였다. 의약품 분야는 가장 다양한 학문분야와 지식연계를 맺고 있으며, 그 다음으로 유기화학(C07C), 제어기술(G01N), 반도체(H01L) 등의 기술분야가 여러 다양한 학문분야와 지식연계를 맺고 있다. SCIE 과학논문에 대한 인용빈도가 높은 상위 30개 기술분야 중 다수가 115개 학문분야 중 10~20%에 해당하는 학문분야와 상호작용이 이루어졌으며, 이들 기술분야가 인용한 SCIE 과학논문은 전체 중 2% 이내에서 이루어졌다.



(그림 4) 기술분야별 과학지식 흡수패턴



## 2. 기술-산업 지식흐름의 연계관계 분석

기술과 산업 간의 연계관계를 분석하기 위해 피인용특허와 인용특허 간의 연계관계를 활용하고자 한다. 이러한 분석은 과학지식을 활용하여 생산된 기술지식이 어떤 산업분야에 활용되는지를 설명해주며, 궁극적으로 산업혁신에 대한 과학기술 지식흐름의 파급구조를 규명할 수 있도록 해준다. 이를 위해 SCIE 논문을 인용한 한국인 특허 1,969건에 대하여 이들 특허를 인용한 다른 미국특허 10,906건을 대상으로 분석을 수행한다. 이러한 자료를 이용하여 기술의 산업파급 구조를 파악하기 위해 IPC 서브클래스를 기초로 산업분류로 전환할 필요가 있다. 여기에서는 ISI/OST/SPRU의 분류체계에 따라 IPC를 산업분류로 구분하였다. 이를 통해 과학지식이 활용된 기술지식이 어떻게 산업분야와 연계되는지를 확인하였다.

### 1) 기술분야의 지식확산

여기에서는 기술분야와 산업분야 간의 지식흐름 관계에서 어떤 기술분야가 어떤 산업분야와 상호작용을 하는지를 분석하고자 한다. 하나의 특허가 다른 특허에 인용되는 관계에서 원래의 특허가 포함된 27개 기술분야 중 이들 특허가 가장 많이 인용된 상위 15개 기술분야와 이들 기술분야에 속한 특허를 인용하고 있는 산업분야를 도출하였다.

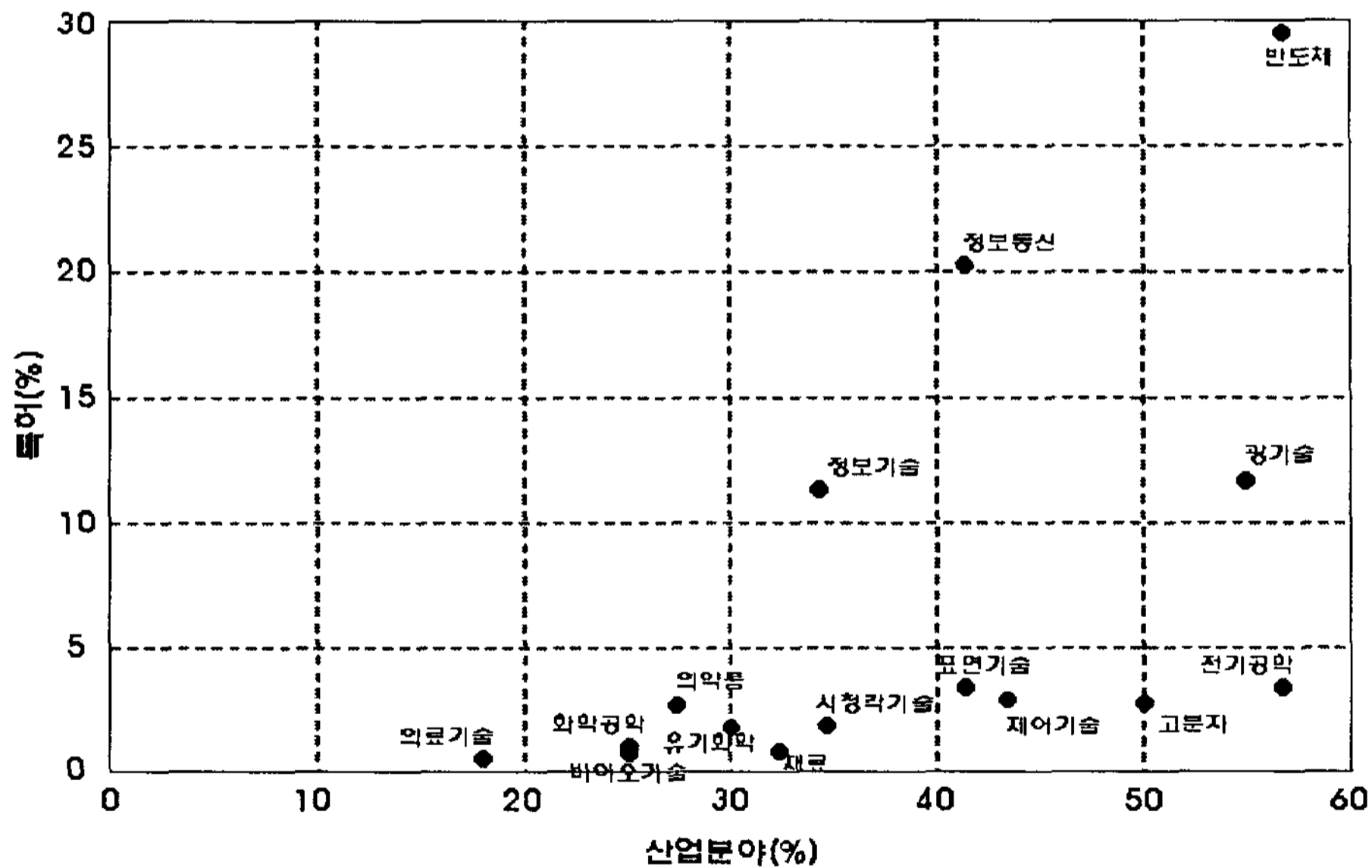
기술분야와 산업분야 간의 연계를 통해 산업분야 내 특허의 확산패턴을 확인하였다. 인용특허에서 피인용특허의 역할을 확인하게 하는 산업분야내 기술분야의 확산패턴의 분석은 기술개발에 투입될 수 있는 제한된 자원을 선택적으로, 그리고 집중적으로 사용할 수 있는 논리적 기반을 제공해줄 수 있다.

산업분야 내에서 기술분야의 지식확산 패턴을 살펴보기 위해, 기술분야 내에서 학문분야의 확산패턴을 보여주는 '과학확산지수'의 개념을 확장하여 기술확산지수라는 개념을 적용하고자 한다. 따라서 이 기술확산지수는 피인용 특허가 속한 기술분야와 인용을 통해 연계되어 있는 산업분야의 수로 표현될 수 있다. 기술확산지수가 높다는 것은 하나의 기술분야와 연계된 산업분야의 수가 많고, 다양한 산업과 관련성을 맺고 있으며, 기술의 응용범위가 넓다는 것을 의미한다. 반대로 기술확산지수가 낮다는 것은 특정의 기술분야와 연계된 산업분야의 수가 적으며, 산업에 대한 활용과 관련된 기술분야의 집중도가 높다는 것을 말한다. 기술확산지수를 다음과 같이 정의하기로 한다.<sup>6)</sup>

6) 여기에서 기술분야는 OST/INPI/ISI의 총 30개 분류를 적용하며, 산업분야는 ISI/OST/SPRU의 44개 산업분야 분류를 사용하기로 한다.

$$\text{기술확산지수} = \frac{\text{1개 기술분야와 인용연계된 산업분야의 수}}{\text{전체 기술분야와 인용연계된 전체 산업분야의 수}}$$

(그림 5)에서 보면, 기술확산지수가 가장 큰 기술분야는 반도체와 전기공학이며, 광기술 분야도 매우 높게 나타나고 있다. 그 다음으로는 고분자, 제어기술, 정보통신 등이 뒤를 잇고 있다. 이들 분야는 기술의 산업활용이라는 측면에서 활발한 기술지식 확산의 패턴을 보이고 있으며, 산업분야 내에서 활용도가 높은 분야들이라고 추정할 수 있다. 반도체와 전기공학 분야는 가장 많은 산업분야와 관련을 맺고 있는 것으로 나타났다. 특히 반도체 분야는 가장 많이 인용되는 기술분야로서, 다른 특허에 인용된 전체 특허 12,770건 중 30.0%인 3,828건을 차지하고 있으며, 한국인 특허를 인용한 다른 특허의 산업분야 44개 중 25개 분야(약 57%)에서 인용되었다.



(그림 5) 기술분야별 기술지식 확산 패턴

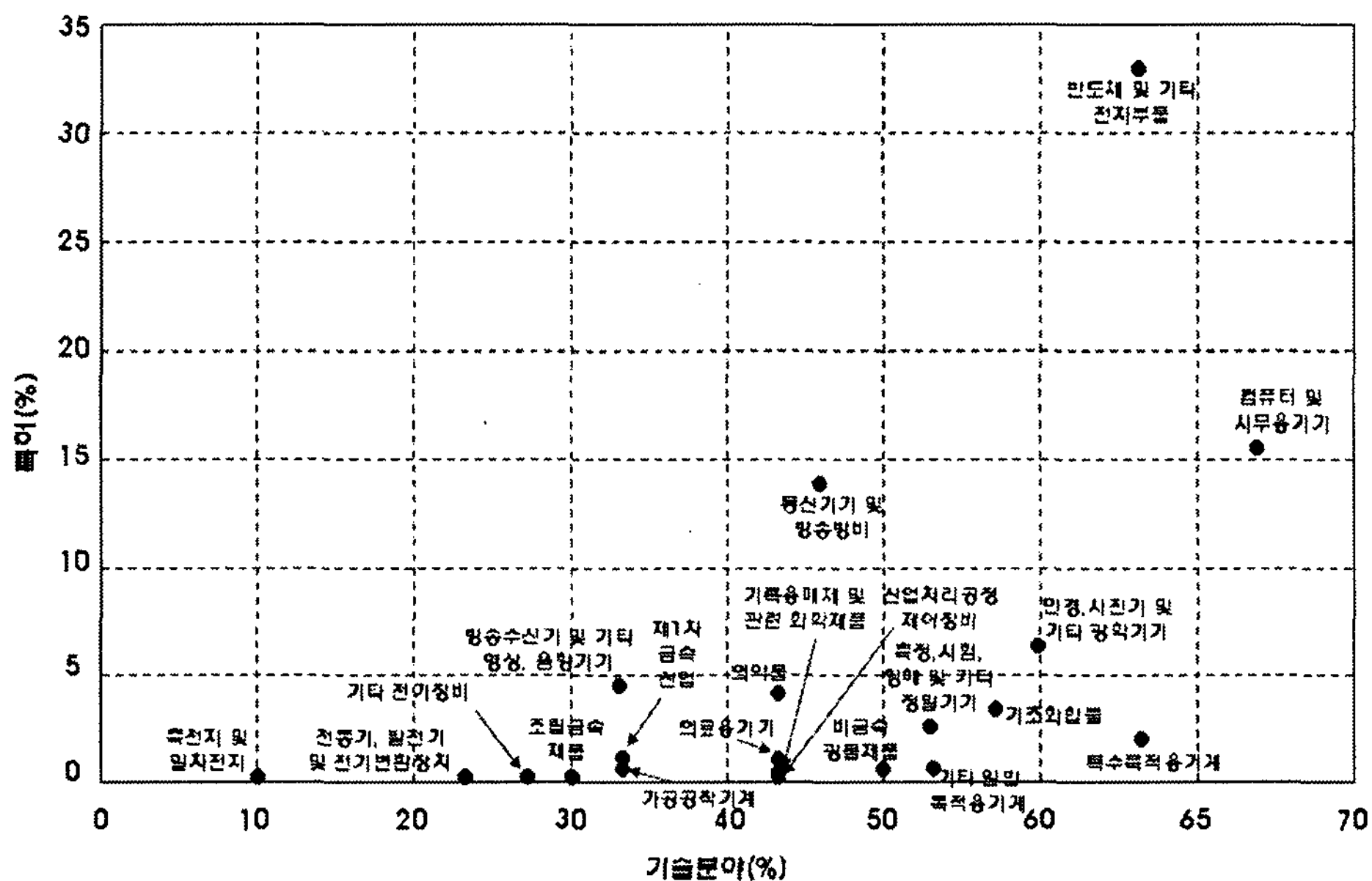
## 2) 산업분야의 지식흡수

기술분야와 산업분야 간의 연계를 통해 산업분야 내에서의 기술지식의 흡수패턴을 분석하였다. 특정 산업분야에서의 기술지식 흡수패턴을 살펴보기 위해, 기술분야 내에서 과학

논문들이 분류된 학문분야의 수를 나타내는 '과학흡수지수'의 개념을 확장하여 기술흡수지수라는 개념을 적용하기로 한다. 기술흡수지수는 타 특허의 기술지식을 인용하는 특허(citing patent)의 출원인이 속한 산업분야와 그 특허에 인용된 피인용특허(cited patent)의 해당 기술분야에 대한 정보를 이용하여 다음과 같이 정의하기로 하며, 이는 한 산업분야가 지니고 있는 기술지식 기반이 광범위한지, 혹은 협소한지를 나타낼 수 있다.

$$\text{기술흡수지수} = \frac{\text{1개 산업분야와 인용연계된 기술분야의 수}}{\text{전체 산업분야에 인용된 특허의 전체 기술분야의 수}}$$

44개 산업분야에 인용된 특허기술은 전체 30개 기술분야 중 하나에 포함된다. <그림 6>는 특허를 가장 많이 인용한 산업분야 15개의 기술흡수 패턴을 보여주고 있다. 특허가 가장 많이 인용되고 있는 상위 4개 산업분야가 인용된 전체 특허의 70% 이상을 차지하고 있다. 산업분야에 활용되는 가장 다양한 기술분야와 가장 높은 연계를 보이는 산업분야는 컴퓨터 및 사무용기기 분야로 나타나고 있다. 컴퓨터 및 사무용기기 분야는 가장 다양한 기술분야와 지식연계를 맺고 있으며, 그 다음으로 반도체 및 기타 전자부품, 특수목적용기계 등의 산업분야가 여러 다양한 학문분야와 지식연계를 맺고 있다.



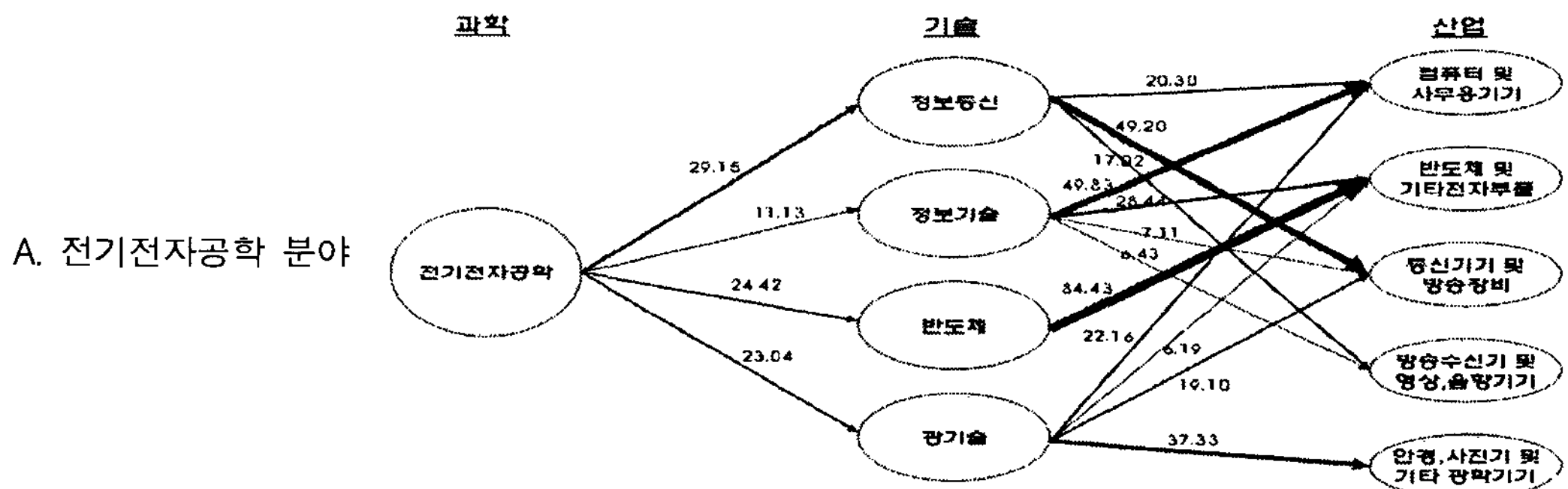
(그림 6) 산업분야별 기술지식 흡수패턴

### 3. 과학기술 지식흐름의 기술혁신 연계관계

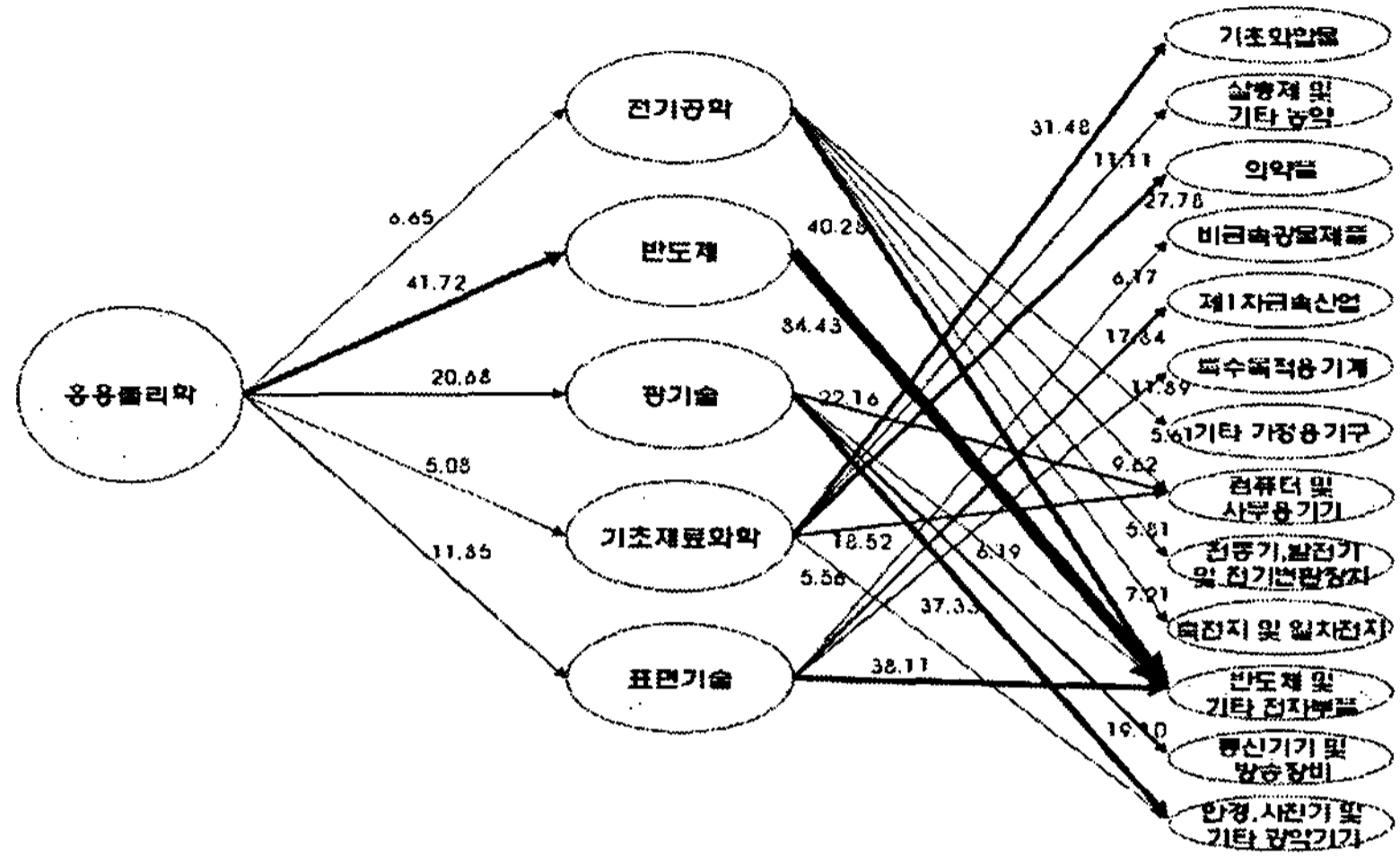
여기에서는 과학과 기술 간의 연계관계 분석결과와 기술과 산업 간의 연계관계 분석결과를 결합한 과학-기술-산업 간의 연계관계를 분석함으로써 과학지식이 최종적으로 어떤 산업분야와 파급연계되고 있는지를 규명하고자 한다.

우선, 과학과 기술 간의 관계는 SCIE 학문분야 분류에 근거한 20개 주요 과학분야와 OST/INPI/ISI의 특허기술분류에 근거한 30개 기술분야 간의 관계를 과학논문과 특허 간의 연계관계를 통해 파악한 20 × 30 행렬로 표현되었다. 다음으로, 기술과 산업 간의 관계는 OST/INPI/ISI의 특허기술분류 30개 기술분야와 ISI/OST/SPRU의 산업분류에 근거한 44개 산업분야 간의 관계를 특허의 전방인용 관계를 통해 분석한 30 × 44 행렬로 표현되었다. 이상의 과학과 기술, 그리고 기술과 과학 간의 관계는 각 과학분야와 기술분야, 그리고 기술분야와 산업분야 간에 연계비율로 설명되고 있다. 따라서 과학과 기술 간의 연계관계가 비율로 표시된 20 × 30 행렬과 기술과 산업 간의 연계관계가 비율로 표시된 30 × 44 행렬에 대하여 행렬연산을 수행할 수 있다.

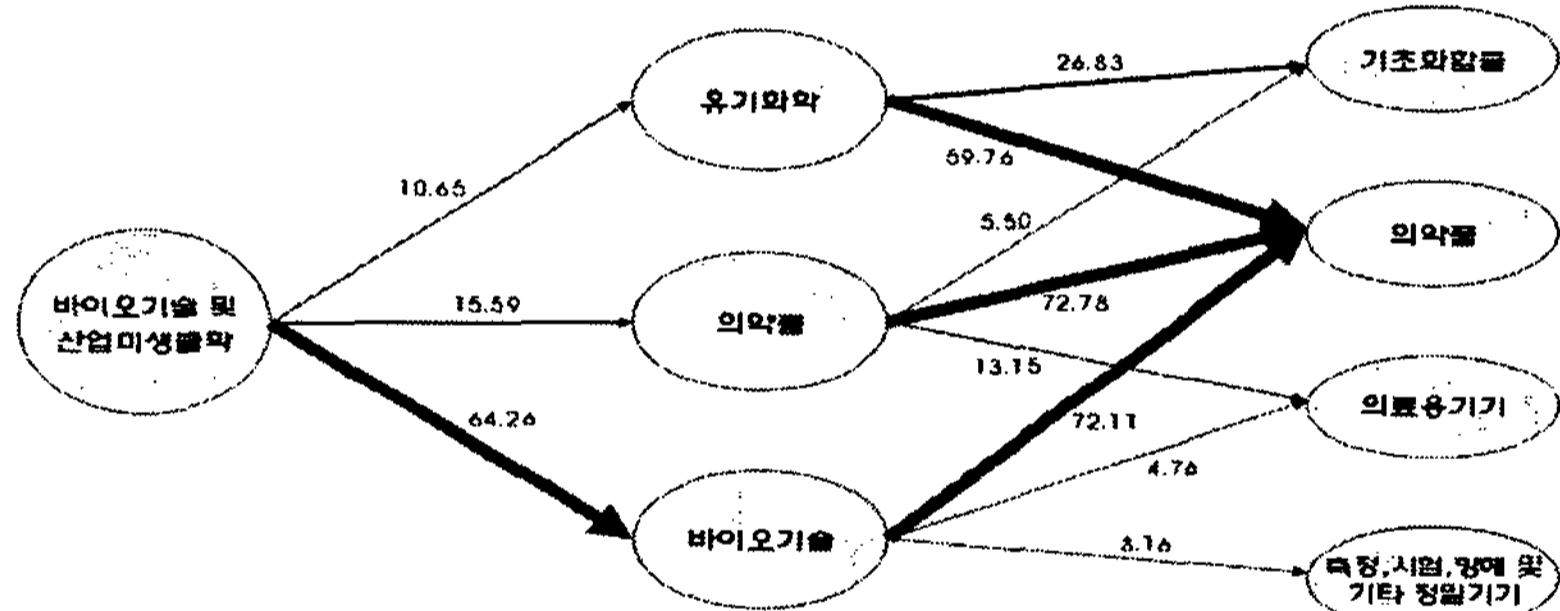
이러한 연산과정은 과학에서 기술로, 그리고 산업으로의 지식흐름 연계관계를 설명해주게 된다. 이는 특정의 과학분야 지식이 다양한 기술분야로 확산되고, 또한 각각의 기술분야는 다양한 과학분야로부터 과학지식을 흡수하는데, 과학지식을 흡수한 기술은 자신의 기술지식을 다시 새로운 산업영역에 제공하게 된다는 사실을 반영하여, 궁극적으로 과학지식이 산업영역으로 파급연계되는 관계를 보여주는 것이다. 이러한 과학-기술-산업간 지식흐름 연계관계를 주요 과학분야에 대하여 살펴보면 (그림 7)과 같이 나타낼 수 있다.



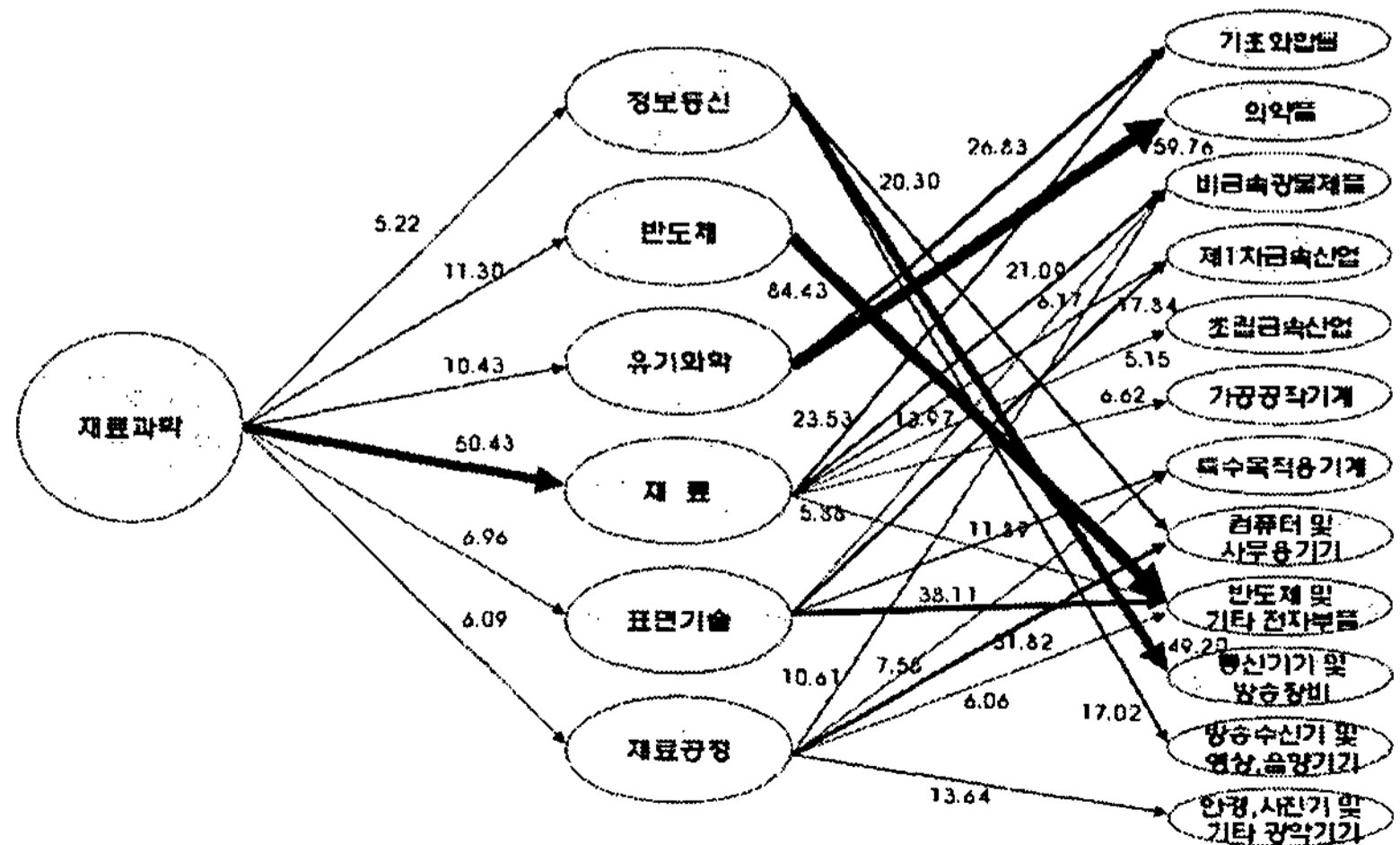
B. 응용물리학 분야



C. 바이오테크놀로지 및 산업 미생물학 분야



D. 재료과학 분야



(그림 7) 주요 과학분야의 기술-산업 연계

이 그림에서 보면, 예를 들어 1개 과학분야로서 전기전자공학의 지식은 정보통신 기술분야로 가장 많은 지식흐름이 이루어지며, 정보통신 기술의 지식은 통신기기 및 방송장비 산업분야로 가장 많은 지식흐름이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한, 응용물리학 분야의 과학지식은 반도체 기술분야로의 지식흐름이 가장 많이 이루어지고, 반도체 기술지식은 반도체 및 기타 전자부품 산업분야로 가장 많은 지식흐름이 이루어지고 있음을 볼 수 있다. 바이오기술 및 산업미생물학 분야의 과학지식은 바이오기술 분야로 지식확산이 가장 많이 이루어지고, 바이오기술 지식은 의약품 산업으로의 흐름이 압도적으로 많은 것으로 나타나고 있다. 한편, 재료과학 분야의 과학지식은 상대적으로 다양한 기술분야로 파급되고, 기술 지식은 더욱 다양한 산업분야로 확산되고 있다는 사실을 확인할 수 있다.

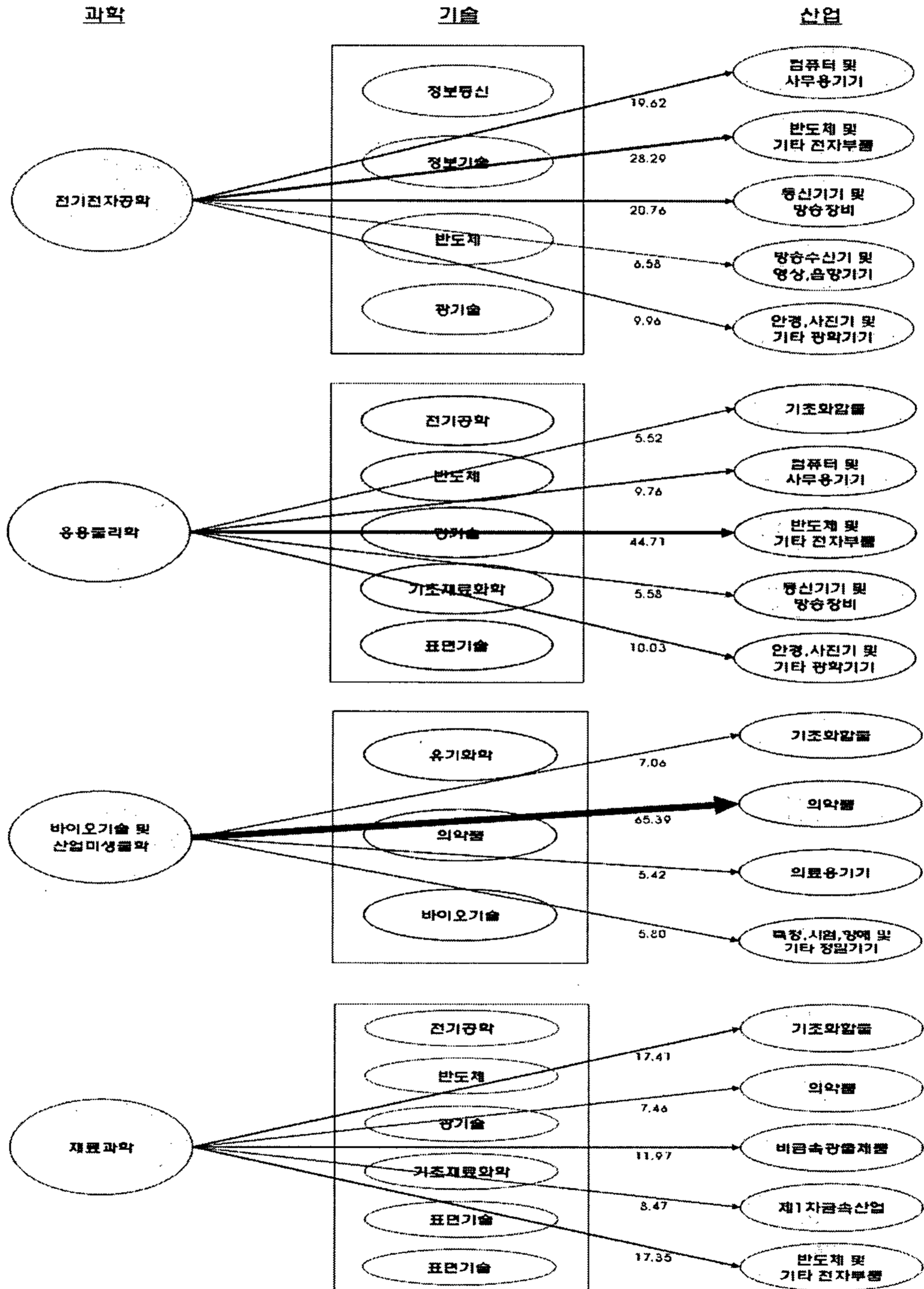
이러한 행렬연산 과정을 거치면 최종적으로 20×44의 과학과 산업간의 행렬을 얻을 수 있다. 이 행렬은 주요 학문분야별 과학지식이 기술영역을 거쳐 산업영역으로 파급연계되는 지식흐름 패턴을 구체적으로 보여준다. 이러한 과학-산업 연계관계를 주요 과학분야에 대하여 표시하면 <그림 8>과 같이 나타낼 수 있다.

전기 및 전자공학 분야의 과학지식은 반도체 및 기타 전자부품 산업분야(28.29%)와 가장 큰 파급연계 관계를 가지고 있음을 볼 수 있으며, 컴퓨터 및 사무용기기(19.62%)와 통신기기 및 방송장비(20.76%) 산업분야도 매우 높은 연계관계를 가지고 있는 것으로 나타나고 있다.

응용물리학 분야의 경우 당해 분야의 과학지식은 반도체 및 기타 전자부품 산업 분야(44.71%)와 매우 높은 연계관계를 가지고 있는 것으로 나타나고 있으며, 그 외 안경, 사진기 및 기타 광학기기(10.03%), 컴퓨터 및 사무용기기(9.76%) 등의 산업분야와도 연계관계가 큰 것으로 나타나고 있다.

바이오기술 및 산업미생물학 분야의 경우는 당해 분야의 과학지식은 기술과의 연계를 거쳐 의약품(65.39%) 분야와 절대적인 관계를 가지고 있는 것으로 분석되고 있으며, 기초 화합물(7.06%), 측정, 시험, 항해 및 기타 정밀기기(5.80%), 의료용기기(5.42%) 분야와도 관계가 있는 것으로 드러나고 있다.

재료과학 분야의 경우에 있어서는 주로 상대적으로 다양한 산업분야와 관련이 있는 것으로 나타나고 있다. 기초 화합물(17.41%)과 반도체 및 기타 전자부품(17.35%) 산업분야가 비슷한 정도로 높은 연계관계를 가지고 있으며, 비금속광물제품(11.97%), 제1차금속산업(8.47%), 의약품(7.46%) 분야가 상대적으로 높은 연계를 가지고 있는 산업분야인 것으로 분석되고 있다.



(그림 8) 주요 과학분야의 산업파급 관계



## V. 요약 및 결론

본고는 과학기술 지식흐름의 분석을 통해 기술혁신의 추세를 예측하기 위한 실증적 연구이다. 과학기술의 지식흐름을 분석하기 위해서는 먼저 과학, 기술, 산업의 지식창출이 어떠한 특성을 가지고 있는지를 살펴볼 필요가 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 개관하였으며, 과학기술의 지식흐름을 포착하고 연계관계를 분석하기 위한 과학과 기술, 기술과 산업 간의 분류체계를 설정하고, 연계방법을 검토하였다. 이에 기초하여 실제 과학-기술-산업 간의 기술혁신 연계관계를 분석하기 위한 모델의 구성이 필요하다. 마지막으로 앞에서 검토된 이론과 방법론을 이용하여 미국특허청에 등록된 한국인 특허, 이 특허에 인용된 과학논문, 그리고 이들 특허를 인용한 다른 미국특허에 대한 정보를 추출하여 분석에 적용할 수 있는 형태로 가공한 후, 실제 분석을 수행하였으며, 이에 따른 다양한 측면의 분석결과를 얻었다.

과학과 기술, 그리고 산업의 지식은 그 생성의 특성이 크게 차이가 있다. 과학은 과학을 담당하는 사람들이 자신이 속한 집단에서 명성을 얻고 존재를 인식시키는 것을 목적으로 하기 때문에 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. 이처럼 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 SCIE 저널의 학문분류, 기술지식으로서의 특허를 OST/INPI/ISI 분류체계에 기초하여 서로 연계하였으며, 기술지식과 산업분야의 연계분석을 위해 ISI/OST/SPRU 기술산업 연계표를 활용하였다. 그리고 이러한 과학과 기술, 기술과 산업의 연계관계를 서로 연결함으로써 과학-기술-산업의 연계관계를 분석하였다. 이 분석을 위해 어떤 과학분야의 지식이 다수의 기술분야로 확산되어 기술지식의 창출에 기여하고, 또 어떤 기술분야의 지식이 다시 다수의 산업분야로 확산되어 산업혁신에 활용되는 관계를 과학과 기술간, 그리고 기술과 산업간의 지식 파급을 나타내는 연계행렬을 작성하여 이 두 관계를 결합함으로써 과학지식이 궁극적으로 산업에 파급연계되는 현상을 규명하고 하였다.

과학-기술 연계관계 분석결과를 주요 학문분야에 대해 살펴보면, 전기 및 전자공학 분야의 경우 특허기술에서 가장 많이 인용되고 한국인특허 중 가장 많은 기술분야와 관련을 맺고 있는 학문분야로서, 정보통신, 반도체, 광기술, 정보기술 등과 관련된 특허에서 주로 인용되었으며, 전기 및 전자공학 분야에 이어 다양한 기술분야와 관련을 맺고 있는 학문분야는 응용물리학 분야로서, 반도체와 광기술, 표면기술 등의 분야에서 많이 활용되고 있는 것으로 나타나고 있다. 그리고, 기술-산업 연계관계 분석결과를 간략히 보면 다음과 같다. 반도체 기술분야의 특허는 반도체 및 기타 전자부품 산업분야에서 압도적으로 높은 인용 비율을 나타냈으며, 정보통신 기술분야의 특허는 통신기기 및 방송장비, 컴퓨터 및 사무용 기기, 방송수신기 및 기타 영상, 음향기기 등의 산업분야에서 많이 활용됨으로써 반도체 기술에 비해 산업분야에 대한 지식확산이 폭넓게 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

과학지식이 기술지식과의 연계를 거쳐 산업분야에 파급연계되는 관계에 대한 분석결과를 주요 학문분야에 대해 살펴보면 다음과 같다. 전기 및 전자공학 분야의 과학지식은 반도체 및 기타 전자부품 산업분야와 가장 큰 연계관계를 가지고 있고, 컴퓨터 및 사무용 기기, 통신기기 및 방송장비 산업분야와도 높은 연계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 응용물리학 분야의 과학지식은 반도체 및 기타 전자부품 산업분야와 매우 높은 연계관계를 가지고 있고, 안경, 사진기 및 기타 광학기기, 그리고 컴퓨터 및 사무용기기 산업분야와도 연계가 큰 것으로 나타났다. 바이오 및 산업미생물학 분야의 과학지식은 의약품 산업분야와 절대적인 관계를 가지고 있는 것으로 분석되며, 기초화합물, 측정, 시험, 항해 및 기타 정밀기기, 의료용기기 등의 산업분야와도 관계가 있는 것으로 나타났다. 재료과학 분야의 과학지식은 특히 다양한 산업분야와 관련이 있는 것으로 나타났다. 기초 화합물과 반도체 및 기타 전자부품 산업분야가 비슷한 정도로 높은 연계관계를 가지고 있으며, 비금속광물 제품, 제1차금속산업, 의약품 분야가 상대적으로 높은 연계를 가지고 있는 산업인 것으로 분석되었다.

본 고에서 적용된 방식으로 지식을 연계하고 그 결과를 해석하는 일은 다소 문제를 내포하고 있는 것이 사실이다. 이 방식은 과학적 산출물은 모두 논문으로 표현되고, 기술적 산출물은 모두 특허로 표현된다는 암묵적 가정 하에 과학과 기술을 산출물 중심으로 구분하여 연계관계를 분석하고 있다는 것이다. 또한, 영문으로 산출된 지식만이 고려되고 타 언어로 창출된 지식이 반영되지 못할 수 있기 때문에, 이는 당해 분야의 지식흐름을 제대로 평가하지 못할 가능성이 있다. 이러한 분석의 한계는 관련지식을 축적하고 있는 데이터 베이스의 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 측정하고 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 동력 발굴을 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 부상기술을 예측함으로써 경쟁력 강화를 추진할 수 있는 전략적 도구를 제공해 줄 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- 박현우 (2006), "과학기술 지식흐름과 기술혁신 추세분석," 「지식경영연구」, 7(2): 43-62.
- 박현우박선영 (2006), "과학-기술-산업의 지식연계에 관한 탐색적 연구," 「한국기술 혁신학회」, 2006년 춘계학술대회, 5. 25.
- 서환주 (2005), 「기업 특허출원자료를 활용한 기술혁신활동 결정요인 및 기술확산효과 분석」, 과학기술정책연구원.
- Ahuja, G. and R. Katila (2001), "Technological Acquisition and the Innovative Performance of Acquiring Firms: A Longitudinal Study," *Strategic Management Journal*, 22, 197-220.
- Autio, E., A. P. Hameri, and O. Vuola (2004), "A Framework of Industrial Knowledge Spillovers in Big-science Centers," *Research Policy*, 33, 107-126.
- Evenson, R. and J. Putnam (1988), *The Yale-Canada Patent Flow Concordance*, Economic Growth Center Working Paper, Yale University.
- Freeman, C. (1994), "The Economics of Technical Change," *Cambridge Journal of Economics*, 18, 463-514.
- 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.
- Grupp, H. (1998), *Foundations of the Economics of Innovation*, Cheltenham, UK and Northampton, MA: Edward Elgar.
- Hagedoorn, J. and M. Cloudt (2003), "Measuring Innovative Performance: Is There an Advantage in Using Multiple Indicators?", *Research Policy*, 32, 1365-1379.
- Hyrabayashi, J. (2003), "Revisiting the USPTO Concordance between the U.S. Patent Classification and the Standard Industrial Classification System," Paper presented at the WIPO-OECD Workshop on Statistics in the Patent Field, Geneva, Switzerland, September.
- Iversen, E. J. (2000), "An Excursion into the Patent-Bibliometrics of Norwegian Patenting," *Scientometrics*, 49(1), 63-80.
- 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.
- 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.
- Meyer, M. (2000), "Does Science Push Technology? Patents Citing Scientific Literature," *Research Policy*, 29, 409-434.
- Mowery, D. C. (1983), "Economic Theory and Government Technology Policy", *Policy Sciences*, 16, 27-43.
- Narin, F. (1994), "Patent Bibliometrics", *Scientometrics*, 30(1), 147-155.
- Narin, F., K. S. Hamilton, and D. Olivastro (1997), "The Increasing Linkage between US Technology and Public Science", *Research Policy*, 26(3), 317-330.
- Nelson, R. R. and S. G. Winter (1982), *The Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge: Harvard University Press.
- OECD (1994), *The Measurement of Scientific and Technological Activities - Using Patent Data as Science and Technology Indicators*, Patent Manual, Paris: OECD.
- Rosenberg, N. (1990), "Why do Companies do Basic Research with their Own Money?", *Research Policy*, 19, 165-174.

- Schmoch, U., F. Laville, P. Patel, and R. Frietsch (2003), *Linking Technology Areas to Industrial Sectors*, Final Report to the European Commission, DG Research.
- Sirilli, G. (1998), *Conceptualizing and Measuring Technological Innovation*, IDEA Report 1.
- 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, 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.
- Verspagen, B., T. V. Morgastel, and M. Slabbers (1994), *MERIT Concordance Table: IPC-ISIC*, Maastricht: MERIT Research Memorandum, 2/94-004.

### 박현우

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.

### 이창환

서울시립대학교에서 공학 박사를 취득하고, 현재 한국과학기술정보연구원에 책임연구원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 인포메트릭스(Infometrics)이다.

### 여운동

경북대학교 전자공학과를 졸업하고, 동 대학 전자정보통신대학원에서 석사학위를 취득하였다. 현재 한국과학기술정보연구원에 연구원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 계량정보분석, 정보네트워크분석 등이다. 주요저서로는 블루투스 기술동향, PCB 등이 있다. 또한 특허동향분석, 기술동향분석 등에 관한 다수의 논문이 있다.