

특허분석을 통한 과학기술자의 과학논문 인용행태에 관한 연구*

A Study on Citation Behavior of Korean Scientists Using Patent Analysis

노경란(Kyung-Ran Noh)** , 한상완(Sang-Wan Han)***

초 록

과학이 기술발전을 이끄는 주요 추진력이며 기술혁신이 궁극적으로 경제발전에 기여한다는 것이 밝혀짐에 따라 선진국은 과학과 기술간 상호작용을 중요하게 다루고 있다. 그러나 한국의 기술발전을 이끈 과학적 기반에 관한 연구가 거의 이루어지지 않았으며 한국의 기술과 강력한 연계를 맺고 있는 학문분야에 대한 연구도 미약한 실정이다. 따라서 이 연구는 특허에 인용된 과학논문을 이용하여 과학기술자의 인용행태를 추적하고, 인용행태 이면에 놓인 과학과 기술간 상호작용을 측정하고자 하였다. 과학논문이 특허의 혁신가치에 어떠한 영향을 미치고 있는지를 살펴봄으로써 기술개발에 있어 과학논문의 중요도를 밝히고자 하였다.

ABSTRACT

As the fact that science is the driving force behind technological development and that technological innovation contributes to economic development has been proved empirically convincing, the interaction between science and technology is highly emphasized in advanced countries. But, Korea has not been active in conducting research on science-based technological development and on the scientific fields that have strong relationships with Korean technology. This study attempts to explore the influence of scientific research papers cited in US patents by Koreans on other US patents and identify the interactions between scientific research papers and patents, by examining the scientific references cited in the Korean-originated US patents.

키워드 : 특허인용, 과학논문, 과학확산지수, 과학흡수지수, 지식흐름, 인용행태
patent citation, scientific paper, science diffusion indicator, science absorption
indicator, knowledge flow, citation behavior

* 본 연구는 연세대학교 대학원 박사학위논문의 일부를 요약한 것임.
** 한국과학기술정보연구원 정보융합개발팀 선임연구원 (infor@kisti.re.kr)
*** 연세대학교 문헌정보학과 교수 (swhan@yonsei.ac.kr)
■ 논문접수일자 : 2006년 8월 17일
■ 게재확정일자 : 2006년 9월 15일

1. 서 론

과학의 진보와 발명이 기술혁신을 결정하고, 기술혁신이 궁극적으로 경제발전에 기여한다는 것이 많은 경제학자들에 의해 밝혀졌다. 지식기반사회의 도래에 따라 과학에 기반을 둔 산업분야를 국가의 성장동력으로 삼아 국가경쟁력을 강화하려는 각 국의 경쟁이 치열하다. 선진국은 장기적 경제발전을 이끄는 기술변화의 동력으로써 과학에 대해 주목하고, 과학과 기술간 상호작용을 중요하게 다루고 있다.

과거 20여년 동안 과학과 기술간 상호작용을 규명하기 위한 여러 방법들이 연구되었다. 미국을 비롯하여 네덜란드, 핀란드, 호주 등은 자국의 기술발전을 이끈 과학적 기반을 규명하기 위해 미국특허에 인용된 과학논문을 이용하여 국가차원에서 연구프로젝트를 수행하였다. 그러나 한국의 경우 과학과 기술간 상호작용이 국가경쟁력 향상에 끼치는 영향력에 비해서 한국의 기술발전에 영향을 미치는 과학적 기반에 관한 연구가 거의 이루어지지 않았다. 또한 특허와 과학논문간 인용관계를 이용하여 과학과 기술간 연계구조를 규명하고자 한 연구도 시도된 바가 없다.

다만 미국특허를 이용하여 한국인 특허에 인용된 비특허문헌의 수나 SCI 과학논문의 수를 연도별 과학연계지수로 발표하는 수준에 머물고 있다. 그러나 이 지수는 특허기술과 관련된 과학적 지식을 담고 있는 학문분야나 지식흐름의 전달매체에 대한 상세한 정보를 제공하지 못한다. 첨단 기술분야의 경우 과학관련도가 높다는 것을 알고 있을지라도 한국의 첨단기술 개발과 관련된 학문분야의 범위, 기술분야별

또는 학문분야별 과학논문과 특허간 상호작용에 대해 알려진 바가 없다.

따라서 한국의 기술발전을 이끈 과학적 기반이 어떤 것이고, 한국의 기술과 강력한 연계를 맺고 있는 학문분야는 무엇인지에 대해, 과학집약도가 높은 한국기술이 얼마나 많이, 얼마나 신속하게 인용되고 있는지에 관한 연구가 필요하다.

기술을 대표하는 특허에 인용된 과학논문을 이용하여 과학기술자의 인용행태를 추적할 수 있으며, 과학기술자의 인용행태 이면에 놓인 과학과 기술간 상호작용을 측정할 수 있다. 이 연구의 목적은 한국인 특허에 인용된 과학논문이 한국인 특허가 다른 특허에 의해 인용되는 횟수와 관련 있는지, 과학논문이 특허의 혁신 가치에 영향을 끼치는지 밝히는 것이다. 특허에 인용된 과학논문과 특허간 관계를 이용하여 과학논문과 특허간 연관관계를 밝히고 한국의 기술변화를 이끄는 과학적 기반을 찾아내고자 한다. 이 분석을 통해 한국의 기술개발과 관련하여 과학적 지식을 가장 역동적으로 활용하고 있는 기술분야를 발견하고, 산업계의 요구와 가장 긴밀한 관련을 맺고 있는 학문분야를 발견하고자 한다.

이 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 과학과 기술의 대리척도로서 과학논문과 특허간 상호작용에 관해 살펴보았다. 제3장에서는 한국인 특허에 나타난 과학논문과 특허간 상호작용을 측정하기 위해 데이터를 수집한 후 데이터 전처리 및 표준화 작업을 수행하였다. 이 데이터를 이용하여 과학논문이 특허의 혁신 가치에 미치는 영향에 관해 가설을 설정하여 검증하고 과학논문과 특허간 상호작용을 분석

하였다. 마지막으로 제4장에서는 이 연구의 결과를 정리하였다.

2. 과학논문과 특허간 상호작용

특허에 인용된 과학논문은 과학과 기술간 상호작용을 분석하는 중요한 도구이며, 이 두 영역간 인지적 연계를 파악할 수 있도록 한다. 과학과 기술간 상호작용을 측정하기 위해 특허에 인용된 과학논문을 이용하는 방법은 특허가 기술을 반영하고 특허에 인용된 과학논문이 발명에 결합된 과학적 지식을 반영한다는 가정을 채택하고 있다. 특허에 인용된 과학논문은 기술의 과학의존도를 정량화하고, 특허의 과학관련도를 나타내며 기초연구의 경제적 유용성을 보여준다.

특허에 인용된 과학논문을 이용하여 첫째, 과학논문과 특허간 발생하는 상호작용의 강도를 측정할 수 있다. 둘째, 시간의 경과에 따른 기술분야와 밀접한 관련을 지니고 있는 학문분야를 파악할 수 있다. 셋째, 학문분야와 기술분야간 잠재적으로 발생할 수 있는 지식흐름을 추적할 수 있다.

2.1 기술분야의 과학관련도

과학과 기술은 강하게 연결되어 있다. 기술의 과학관련도를 '과학연계지수' (Science Linkage : SL)로 나타낼 수 있다. 이 과학연계지수는 특허 한 건당 인용된 평균 과학논문의 수이며, 분석단위를 국가, 기업, 또는 기술분야로 설정하여 측정할 수 있다. 과학연계지

수가 높다는 것은 과학적 발전에 기초하여 기술을 개발하고 있음을 나타낸다(Narin, and Olivastro 1992). 그리고 과학연계지수는 국가나 기업의 첨단기술수준 또는 과학집중도를 나타내는 척도로 사용된다.

또한 Verbeek 등은 과학연계지수를 수정하여 과학논문을 인용한 특허를 대상으로 과학 상호작용지수를 발표하였다. 과학 상호작용지수는 전체 인용된 과학논문의 수를 실제 과학 논문을 인용한 특허의 수로 나눈 것이다 (Verbeek et al. 2002).

특허에 인용된 과학논문은 주요 국가의 특허마다 유의미한 차이를 보이고 있으며, 각 국가마다 기술적으로 강조하는 영역을 부분적으로 반영하고 있다. 과학관련도가 높은 의약품, 화학, 컴퓨터통신 분야와 같은 첨단 성장분야는 다른 분야에 비해 과학과 기술간 더욱 강한 결합구조를 가지고 있다. 서구에서 산업성장을 선도하는 영역들이 매우 과학집약적인 성향을 보이고 있다.

2.2 기술분야의 과학적 지식기반

일반적으로 특허에 인용된 과학논문은 특허 발명자, 출원기관뿐만 아니라 특허심사관이 학술연구 결과를 얼마나 활용하는지, 인용된 학문분야의 성격이 기초과학분야인지 아니면 응용과학분야인지, 인용된 학문분야의 범위가 광범위한지 아니면 협소한지, 인용되는 과학논문의 최신성 여부 등을 파악하는데 사용된다 (Meyer 2000 ; Meyer 2002).

Narin 등은 미국특허에 인용된 논문중 73%가 공공자금으로 수행된 공공과학(public

science)에 의해 생산된 것이며, 공공과학의 영향도가 높다는 것을 발견하였다(Narin, Hamilton, and Olivastro 1997). 그리고 McMillan 등(2000)은 특히 바이오기술분야가 다른 분야보다 공공과학에 더 많이 의존함을 밝혀내었다(McMillan, Narin, and Deeds 2000). Verbeek 등은 특허에 인용된 과학논문을 이용하여 소수의 학문분야와 기술분야가 과학기술 영역간 상호작용의 근간을 형성하고 있다는 과학과 기술 간 지식흐름의 집중화현상을 밝혀내었다(Verbeek et al. 2002).

2.3 과학논문과 특허간 지식연계

특허에 인용된 선행기술을 이용하여 지식흐름¹⁾의 경로를 추적할 수 있다. 출원특허가 등록되었다는 것은 특허에 구현된 아이디어가 과거의 지식에 비해서 새롭고 유용한 기여를 했음을 확정하는 것이다. 과거의 지식은 특허에 인용된 선행기술을 통해 나타나므로, 특허 A가 논문 B를 인용하는 경우 논문 B는 특허 A가 기반으로 하고 있는 과거 지식 중 일부를 보여준다. 이렇듯 인용은 특허에 인용된 과학논문과 인용특허간 지식이 연계되어 있음을 보여준다.

특허에서 학술연구의 결과물인 과학논문에 대한 인용은 과학에서 기술로, 혹은 과학논문에서 특허에 대한 인용은 기술에서 과학으로 유용한 지식흐름을 제공한다. 따라서 특허가 특허를 인용했다는 것은 기술이 이전되었다고

해석할 수 있으며, 과학논문을 인용했다는 것은 과학적 지식이 이전되었다고 해석할 수 있다(조항희, 박수동 2000). 특허가 과학논문을 많이 인용할수록, 과학적 지식흐름의 발생량이 많다고 해석할 수 있고, 또한 인용까지 소요된 평균시차가 짧을수록 과학적 지식흐름의 속도가 빠르다고 해석할 수 있다.

3. 한국인 특허에 나타난 과학논문과 특허간 상호작용 연구

3.1 연구설계

3.1.1 데이터 수집 및 전처리

이 연구의 목적은 한국인이 출원한 미국특허에 인용된 과학논문을 이용하여 한국의 특허기술과 관련된 과학적 기반을 규명하고 이 과학논문이 한국인 특허의 향후 인용에 어떤 영향을 미치는지 밝히는 것이다. 이를 위해 한국인이 출원한 미국특허를 중심으로 세가지 유형의 데이터를 수집하였다.

첫째, 한국인이 미국특허청에 출원하여 1990년부터 2004년까지 등록된 미국특허를 수집하였다. 출원기관 또는 발명자의 국적이 한국으로 지정된 미국 특허 32,935건을 KISTI가 구축한 미국특허 데이터베이스로부터 추출하였다. 한국 기술개발을 주도하는 과학기술자의 과학논문 인용행태를 측정하기 위해 한국특허청에 출원된 특허인용정보를 이용하는 것이 바

1) 지식흐름(Knowledge flow) : 이 연구에 사용된 지식은 비특허문헌에 수록된 과학논문으로 표현되는 과학지식과 특허로 표현되는 기술지식을 말한다. 이 연구에서 지식흐름이란 특허의 인용관계를 이용한 것으로 과학논문을 인용하고 있는 특허, 이 특허가 다른 특허에 의해 인용되는 것을 지식흐름으로 지칭한다. 그리고 지식흐름은 과학지식과 기술지식간, 그리고 기술지식과 기술지식간 발생한다.

람직하지만 국내 특허에는 특허인용정보가 없기 때문이다.

둘째, 한국인 출원 미국특허의 표제면(frontpage)에 인용된 과학논문을 수집하였다. 미국특허중 한국인 특허에서 비특허문헌을 인용하고 있는 특허번호에 대한 비특허문헌을 수집하여 비특허문헌을 자료유형별로 구분하였다. 비특허문헌(Non-Patent Literature)에는 학술지, 학술회의자료뿐만 아니라 단행본, 데이터베이스, 사전, 규격, 카달로그, 웹사이트 등이 포함된다. 과학논문과 특허간 상호작용을 분석하기 위해 특허에 인용된 과학논문의 서지정보를 입수하여 이 서지정보에 대한 표준화작업을 수행하였다.

미국특허중 비특허문헌을 인용하고 있는 한국 특허는 6,345건(19%)이었으며, 인용된 비특허문헌은 총 21,826건이었다. 학술지 또는 학술회의자료에 수록된 과학논문을 인용한 특허는 4,275건이었으며, 과학논문은 14,969 편이었다.

셋째, 미국특허중 한국인 특허를 표제면에 인용하고 있는 다른 특허를 수집하였다. 미국 특허에 등록된 한국의 기술이 다른 특허에 의해 인용되는데 과학논문이 어떤 영향을 끼치는가에 대한 답을 찾기 위해 KISTI가 구축한 미국특허 인용데이터베이스로부터 수집하였다. 1990년부터 2004년까지 등록된 한국인 특허중 60%에 달하는 19,886건이 등록된 이후부터 2005년까지 미국특허 73,654건에 의해 총 99,484회 인용되었다. 그리고 과학논문을 인용한 특허중 60%에 달하는 2,560건이 총 15,862회 인용되었다.

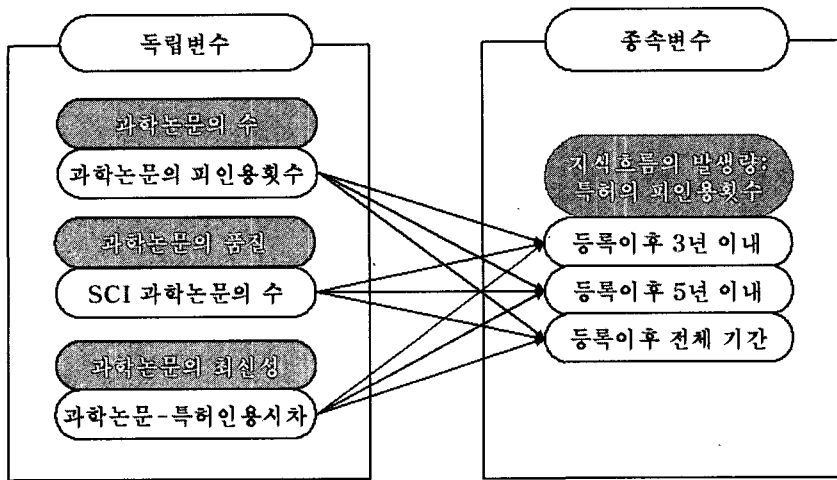
3.1.2 연구모형 및 연구가설

과학논문을 인용하고 있는 특허가 다른 특허로부터 받게 되는 피인용횟수 및 인용시차를 이용하여 과학논문이 지식흐름의 발생량 및 속도와 관련을 맺고 있는지를 규명할 수 있다. 즉, 과학논문을 인용한 한국인 특허가 다른 미국특허에 의해 인용되는데 과학논문이 어떤 관련을 맺고 있는지 밝혀낼 수 있다. 특허가 다른 특허에 의해 인용된다는 것은 특허가 그만큼 가치를 지니고 있다는 것을 가정하며, 다른 특허에 의한 피인용횟수를 이용하여 지식흐름의 발생량을 파악할 수 있도록 한다.

이 연구는 특허 A에 인용된 과학논문이 다른 특허 B에 의한 특허 A의 피인용횟수에 영향을 끼치는지 밝혀내기 위해 미국특허청에 등록된 한국인 특허에 인용된 과학논문의 수, 과학논문의 품질, 과학논문의 최신성을 독립변수로, 지식흐름의 발생량을 종속변수로 설정하였다.

특허에 인용된 과학논문의 품질이 특허간 지식흐름을 예측할 수 있는지 살펴보기 위해 SCI DB에 수록된 과학논문이 상대적으로 우수한 품질을 가지고 있다고 가정하였다. 과학논문의 최신성이 지식흐름을 예측할 수 있는지 밝혀내기 위해 과학논문이 생산되어 공개되는 시점을 기준으로 각 특허에 인용된 과학논문에 대해 평균 인용시차를 구하였다.

지식흐름의 발생량을 측정하기 위해 과학논문을 인용한 특허 A가 등록된 이후 3년 이내, 5년 이내, 그리고, 2005년까지 전체기간동안 다른 특허로부터 받게 되는 피인용횟수를 구하였다. 특허가 등록된 이후에 받게 되는 피인용횟수는 특허 A가 선행기술로써 다른 특허의



〈그림 1〉 연구모형

표제면에 인용된 횟수이다. 특허 A의 피인용 횟수는 특허 A가 보유한 기술적 중요도에 관한 정보를 담고 있으며, 기술을 발명한 혁신자에 대한 경제적 가치를 나타낸다(Hall, Jaffe, and Trajtenberg 2001 ; Gittelman, and Kogut 2003).

특허와 특허간 발생하는 인용관계는 특허의 가치에 영향을 미친다. 특허에 인용된 과학논문이 특허의 혁신가치와 관련되어 있는지를 밝히기 위한 연구모형은 〈그림 1〉과 같다.

다른 미국특허에 의해 한국인 특허가 인용되는 횟수에 한국인 특허에 인용된 과학논문이 어떤 영향을 끼치는지 발견하기 위해 〈그림 1〉에서 제시한 연구모형에 근거하여 다음과 같이 연구가설을 수립하였다.

가설 1. 한국인 특허에 인용된 과학논문의 수는 다른 특허에 의해 한국인 특허가 인용되는 피인용횟수와 서로

관련이 있다.

가설 2. 한국인 특허에 인용된 과학논문의 품질은 다른 특허에 의해 한국인 특허가 인용되는 피인용횟수와 서로 관련이 있다.

가설 3. 한국인 특허에 인용된 과학논문의 최신행은 다른 특허에 의해 한국인 특허가 인용되는 피인용횟수와 서로 관련이 있다.

3.2 연구결과

3.2.1 가설검증 및 분석

특허에 인용된 과학논문이 이 특허가 등록된 이후에 다른 특허에 의해 인용되는데 영향을 미치는지 여부를 검증하기 위해 한국인 특허중 과학논문을 인용한 특허 4,275건을 분석대상으로 설정하였다. 이 연구의 가설을 검증하기 위해 'SPSS for window 12.0'을 사용하여 일

〈표 1〉 과학논문의 수에 따른 특허의 피인용횟수에 대한 분산분석

		제공합	자유도	평균제공	F값	유의확률
특허의 피인용횟수 (3년이내)	집단간	3.775	2	1.888	0.134	0.875
	집단내	31649.288	2242	14.117		
	합 계	31653.063	2244			
특허의 피인용횟수 (5년이내)	집단간	53.703	2	26.852	0.743	0.476
	집단내	89917.601	2488	36.141		
	합 계	89971.304	2490			
특허의 피인용횟수 (전체)	집단간	141.776	2	70.888	0.962	0.382
	집단내	188487.785	2557	73.714		
	합 계	188629.561	2559			

원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다.

(1) 과학논문의 수와 지식흐름에 대한 분석

한국인 특허에 인용된 과학논문의 수가 이 한국인 특허가 다른 특허에 의해 인용되는 횟수에 영향을 미치는지 살펴보기 위해 특허에 인용된 과학논문의 수에 따라 세 개 집단으로 구분하였다.

먼저 과학논문을 인용한 한국인 특허 4,275건 중에서 과학논문을 4건 이상 인용한 특허 1,105건(25.8%)을 '상', 과학논문을 2~3건 인용한 특허 1,396건(32.7%)을 '중', 과학논문을 1건 인용한 특허 1,774건(41.5%)을 '하'로 구분하였다. 이들 집단간 지식흐름의 발생량 차이를 밝히기 위해 분산분석을 실시하였다.

〈표 1〉의 분산분석 결과에 의하면 유의수준 0.05에서 한국인 특허가 등록된 이후 3년이내, 5년이내, 그리고 2005년까지 전체 기간

동안 과학논문의 수에 따라 특허의 평균 피인용횟수에 있어 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 즉, 과학논문을 많이 인용한 한국인 특허가 그렇지 않은 특허보다 다른 미국 특허에 의해 더 많이 인용되지 않는 것으로 나타났다. 한국인 특허에 인용된 과학논문의 수는 이 한국인 특허가 다른 특허에 의해 인용되는데 영향을 미치지 않는 것으로 밝혀졌다.

(2) 과학논문의 품질과 지식흐름에 대한 분석

한국인 특허에 인용된 과학논문의 품질이 이 한국인 특허가 다른 특허에 의해 인용되는 횟수에 영향을 미치는지 살펴보기 위해 특허에 인용된 SCI 과학논문의 수에 따라 세 개 집단으로 구분하였다. 먼저 SCI 과학논문을 인용한 한국인 특허 2,681건 중에서 SCI 과학논문을 4건 이상 인용한 특허 628건(23.4%)을 '상', SCI 과학논문을 2~3건 인용한 특허 841건(31.4%)을 '중', SCI 과학논문을 1건

〈표 2〉 SCI 과학논문의 수에 따른 특허의 피인용횟수에 대한 분산분석

		제곱합	자유도	평균제곱	F값	유의확률
특허의 피인용횟수 (3년이내)	집단간	59.999	2	30.000	2.225	0.108
	집단내	17147.455	1272	13.481		
	합 계	17207.454	1274			
특허의 피인용횟수 (5년이내)	집단간	178.507	2	89.253	2.777	0.063
	집단내	46054.471	1433	32.139		
	합 계	46232.978	1435			
특허의 피인용횟수 (전체)	집단간	395.370	2	197.685	3.399	0.034
	집단내	85891.633	1477	58.153		
	합 계	86287.003	1479			

〈표 3〉 SCI 과학논문의 수에 따른 특허의 피인용횟수에 대한 Scheffe 사후검증

	(I) SCI 과학논문수	(J) SCI 과학논문수	평균차 (I-J)	표준오차	유의확률	95% 신뢰구간	
						하한값	상한값
특허의 피인용횟수 (전체)	상	중	-0.603	0.586	0.588	-2.038	0.831
		하	-1.330	0.542	0.049*	-2.658	-0.003
	중	하	-0.727	0.452	0.274	-1.834	0.380

*.05 수준에서 평균 차이가 큼

인용한 특허 1,212건(45.2%)을 '하'로 구분하였다. 이들 집단간 지식흐름의 발생량 차이를 밝히기 위해 분산분석을 실시하였다.

〈표 2〉의 분산분석 결과에 의하면 특허에 인용된 SCI 과학논문의 수에 따라 특허가 등록된 이후 이 특허가 다른 특허에 의해 인용되는 평균 피인용횟수에는 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 이것을 Scheffe 사후분석을 통해 재확인하였다.

〈표 3〉에서 보듯이 한국인 특허가 등록된 이후 2005년까지 피인용횟수의 집단간 차이

를 보면 SCI 과학논문을 1건 인용한 한국인 특허 '하' 집단과 SCI 과학논문을 4건 이상 인용한 한국인 특허 '상' 집단간에는 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 다른 특허에 의한 피인용횟수에 있어 유의미한 차이가 있는 것으로 밝혀졌다. SCI 과학논문에 대한 인용횟수가 '상' 집단에 속한 특허의 평균 피인용횟수는 4.70회, '하' 집단에 속한 특허의 평균 피인용횟수는 6.03회로 나타났다.

과학논문을 인용하고 있는 특허중에서 SCI 과학논문을 적게 인용한 특허가 다른 특허에

〈표 4〉 과학논문 - 특허간 평균 인용시차에 따른 특허 피인용횟수의 분산분석

		제공합	자유도	평균제공	F값	유의확률
특허의 피인용횟수 (3년이내)	집단간	531.026	2	265.513	19.127	0.000
	집단내	31122.037	2242	13.881		
	합 계	31653.063	2244			
특허의 피인용횟수 (5년이내)	집단간	1688.316	2	844.158	23.790	0.000
	집단내	88282.988	2488	35.484		
	합 계	89971.304	2490			
특허의 피인용횟수 (전체)	집단간	2710.555	2	1355.278	18.640	0.000
	집단내	185919.006	2557	72.710		
	합 계	188629.561	2559			

의해 더 많이 인용되었다. SCI 과학논문을 많이 인용하고 있는 한국인 특허가 그렇지 않은 특허보다 다른 특허에 의해 더 많이 인용되는 않는 것으로 밝혀졌다.

다른 미국특허에 의해 많이 인용되는 한국인 특허는 반도체분야이며, 이 반도체 분야와 광기술분야를 포함하고 있는 전기전자 기술분야는 분야는 SCI 과학논문보다는 학술회의자료에 수록된 과학논문을 더 많이 인용하고 있었다. 한국인 특허에서 특허 한 건당 SCI 과학논문 인용건수가 높은 기술분야는 화학 및 바이오기술분야에 속하였다.

(3) 과학논문의 최신성과 지식흐름에 대한 분석

한국인 특허에 인용된 과학논문의 최신성이 이 한국인 특허가 다른 특허에 의해 인용되는 피인용횟수에 영향을 미치는지 살펴보기 위해 한국인 특허와 과학논문간 평균 인용시차를 구한 후 세 개 집단으로 나누었다. 과학논문을 인

용한 한국인 특허 4,275건 중에서 과학논문과 특허간 평균 인용시차가 짧은 처음 30%에 해당하는 특허 1,276건을 '상', 그 이후 인용시차 40%에 해당하는 특허 1,713건을 '중', 나머지 30%에 해당하는 특허 1,285건을 '하'로 구분하였다. 이들 '상', '중', '하' 집단의 평균 인용시차는 약 5년 정도의 차이를 보였다. 이들 집단간 지식흐름의 발생량 차이를 밝히기 위해 분산분석을 실시하였다.

〈표 4〉의 분산분석 결과에 의하면 특허에 인용된 과학논문의 평균 인용시차에 따라 등록된 이후 3년이내, 5년이내, 그리고 등록된 이후 2005년까지 이 특허가 다른 특허에 의해 인용되는 평균 피인용횟수에 각 집단마다 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 이것을 Scheffe 사후분석을 통해 재확인하였다.

〈표 5〉에서 보듯이 한국특허가 미국특허청에 등록된 이후 3년 이내에 다른 특허로부터 받는 피인용횟수를 살펴보면, 과학논문과 특허간 인용시차가 '하' 집단에 속한 특허는 유의수

〈표 5〉 과학논문 - 특허간 평균 인용시차에 따른 특허 피인용횟수의 Scheffe 사후검증

	(I)과학논문 특허 인용시차	(J)과학논문 특허 인용시차	평균차 (I-J)	표준오차	유의확률	95% 신뢰구간	
						하한값	상한값
특허의 피인용횟수 (3년이내)	상	중	0.388	0.181	0.102	-0.057	0.832
		하	1.264	0.206	0.000*	0.759	1.768
	중	하	0.876	0.202	0.000*	0.382	1.370
특허의 피인용횟수 (5년이내)	상	중	0.727	0.277	0.033*	0.047	1.406
		하	2.122	0.309	0.000*	1.365	2.880
	중	하	1.396	0.303	0.000*	0.654	2.137
특허의 피인용횟수 (전체)	상	중	1.285	0.393	0.005*	0.322	2.249
		하	2.647	0.435	0.000*	1.583	3.711
	중	하	1.361	0.426	0.006*	0.319	2.404

*.05 수준에서 평균차가 큼

준 $\alpha=0.05$ 에서 '상' 집단, '중' 집단과는 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 등록된 지 5년 이내에, 그리고 등록 이후에 받게 되는 피인용횟수를 살펴보면, 과학논문과 특허간 인용시차에 따라 '상' 집단, '중' 집단, '하' 집단간에는 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 각기 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

과학논문과 이 특허간 평균 인용시차가 짧을수록 다른 특허에서 인용되는 빈도가 높으므로 밝혀졌다. 한국인 특허와 과학논문간 인용시차가 짧을수록 다른 특허에 의해 더 많이 인용되는 이유는 반도체와 광기술분야에 속한 특허때문인 것으로 여겨진다. 반도체 또는 광기술분야에 속한 특허들은 과학논문의 인용시차가 다른 특허에 비해 짧으며, 이들 분야는 응용연구에 기반을 두고 있어서 기술개발 속도가 빠른 분야이기 때문이다.

3.2.2 학문분야와 특허기술분야간 상호작용 결과분석

특허가 과학논문을 많이 인용할수록 과학적 지식과의 상호작용이 많다고 해석할 수 있고, 또한 인용까지 평균시차가 짧을수록 과학적 지식의 흐름속도가 빠르다고 해석할 수 있다. 과학논문과 특허를 대상으로 과학집약도가 높은 기술분야, 여러 학문분야를 가장 많이 인용하고 있는 기술분야, 그리고 여러 기술분야에서 가장 많이 인용되는 학문분야를 발견할 수 있다. 또한 상이한 기술분야들의 기반이 되는 학문분야의 인접도를 측정하여 유사한 과학기반 기술군을 찾을 수 있다.

과학논문이 포함되는 학문분야와 특허가 포함되는 기술분야간 상호작용을 분석하기 위해 특허에 인용된 과학논문중 SCIE(Science Citation Index Expanded) 데이터베이스에

수록된 과학논문을 이용하였다. 1990년부터 2004년까지 미국특허청에 등록된 한국인 특허중 SCIE 과학논문을 인용하고 있는 특허는 2,791건이었다. 이 특허에 인용된 SCIE 과학논문은 9,205건으로 한국인 특허에 인용된 전체 과학논문 14,969건 중에서 61%를 차지한다. 이 과학논문에 Thomson Scientific ISI의 학문분야 코드를 부여하였다.

전세계 모든 특허는 국제특허분류표(IPC)에 따라 분류된다. SCIE 과학논문을 인용하고 있는 한국인 특허에 부여된 IPC 기술분야코드는 모두 166개였으며, SCIE 과학논문에 부여된 학문분야코드는 모두 115개였다. 학문분야와 기술분야간 상호작용을 파악하기 위해 166개 기술분야와 115개 학문분야로 이루어진 상호교차표를 작성하였다. 각 기술분야는 하나 이상의 학문분야와 연계되어 있으며, 각 학문분야는 하나 이상의 기술분야와 연계되어 있었다.

(1) 학문분야의 과학확산 패턴

학문분야와 기술분야간 연계를 통해 기술분야내 과학논문의 확산패턴을 식별하였다. 특허에서 과학논문의 역할을 식별케하는 기술분야내 학문분야의 확산패턴은 제한된 자원을 선택적으로 그리고 집중적으로 사용할 수 있는 논리적 근거를 제공한다.

기술분야내에서 학문분야의 확산패턴을 정량적 수치로 표현한 것이 '과학확산지수'(Science Diffusion Indicator)이다. 이 과학확산지수는 피인용 과학논문이 속한 특정 학문분야와 인용을 통해 연계되어 있는 기술분야의 수를 이용하여 계산된다(Verbeek et al. 2002). 과학확산지수가 높다는 것은 한 학문

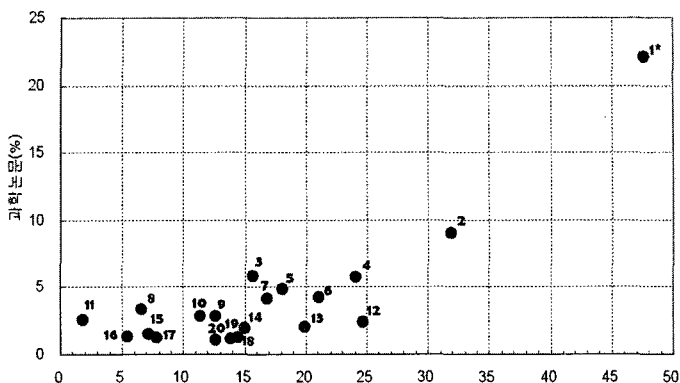
분야와 연계된 기술분야의 수가 많으며, 다양한 기술과 관련성을 맺고 있으며 학문의 응용범위가 넓다고 말할 수 있다. 과학확산지수가 낮다는 것은 한 학문분야와 연계된 기술분야의 수가 적으며 기술개발과 관련된 학문분야의 집중도가 높다고 말할 수 있다.

〈그림 2〉는 한국특허를 통해 살펴 본 특허 기술분야내에서 학문분야의 확산패턴이다. 가로축은 한 학문분야와 인용연계된 IPC 기술분야의 수를 전체 학문분야와 인용연계된 전체 IPC 기술분야의 수로 나눈 과학확산지수이다. 세로축은 한 학문분야에 속한 과학논문의 수를 전체 과학논문의 수로 나눈 것이다. 〈그림 2〉에서 과학확산지수가 가장 큰 학문분야는 전기 및 전자공학분야로, 이 분야는 한국 특허가 속한 기술분야에서 가장 많이 인용되는 학문분야이다. 한국 특허에 인용된 전체 SCIE 과학논문 9,205건 중에서 2,031건(약 22%)을 차지하고 있으며 과학논문을 인용한 IPC 기술분야 166개중 79개 분야(약 48%)에서 인용되었다.

그 다음은 응용물리학, 다학문분야, 생화학순이다. 이들 분야는 기술개발을 위한 기반으로 강력한 과학확산 패턴을 보이고 있으며 한국의 기술개발과 관련하여 기술분야 내에서 활용도가 높은 분야들이다. 과학확산패턴에 의하면 한국의 기술개발이 기초과학적 기반보다는 응용과학적, 공학적 기반이 강함을 보여준다.

(2) 특허 기술분야의 과학흡수 패턴

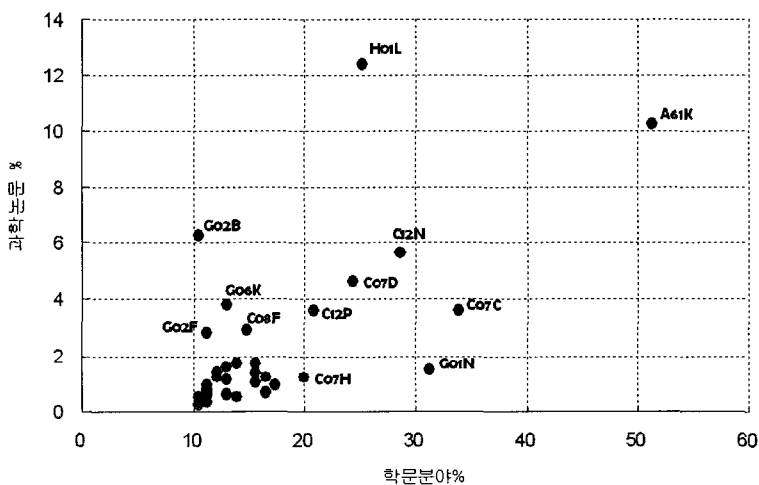
학문분야와 기술분야간 연계를 통해 기술분야내 과학논문의 흡수패턴을 식별하였다. 특정 기술분야에 인용된 과학논문들이 분류된 학문분야의 수를 '과학흡수지수'(Science



〈그림 2〉 학문분야별 과학확산 패턴

* 과학논문 인용빈도 순위를 나타냄

1. 전기 및 전자공학 2. 응용물리학 3. 다학문분야 4. 생화학 및 분자생물학 5. 고분자 6. 화학(다학문) 7. 광학 8. 의학학 9. 바이오기술 및 산업미생물학 10. 유기화학 11. 안과학 12. 재료과학(다학문) 13. 물리화학 14. 전기화학 15. 무기화학 및 핵 16. 약리학 및 약제학 17. 식물학 18. 재료과학 및 세라믹 19. 컴퓨터화학, 하드웨어, 아키텍처 20. 생화학 연구방법



〈그림 3〉 특허 기술분야별 과학흡수 패턴

Absorption Indicator)라 한다(Verbeek et al. 2002a). 과학흡수지수는 한 기술분야가 지니고 있는 과학적 지식기반이 광범위한지

혹은 협소한지를 나타낸다.

〈그림 3〉은 SCIE 과학논문을 가장 많이 이용하는 IPC 기술분야 30개의 과학흡수패턴이

다. 가로축은 한 IPC 기술분야와 인용연계된 학문분야의 수를 특허에 인용된 과학논문이 분류된 전체 학문분야의 수로 나눈 과학흡수지수이다. 세로축은 한 기술분야에 속한 한국 특허의 수를 전체 한국 특허의 수로 나눈 것이다. SCIE 과학논문을 가장 많이 인용하고 있는 상위 8개 IPC 기술분야가 한국특허에 인용된 전체 SCIE 과학논문중 50%를 차지하고 있었다. 특허기술을 개발하는데 다양한 학문분야와 가장 높은 연계를 보이는 IPC 기술분야는 의약품분야(A61K)이다. <그림 3>에서 보듯이 의약품분야는 가장 다양한 학문분야와 지식연계를 맺고 있으며, 그 다음으로 유기화학(C07C), 제어기술(G01N), 반도체(H01L) 기술분야가 여러 다양한 학문분야와 지식연계를 맺고 있었다.

(3) 과학기반기술군 클러스터링

과학논문이 속한 학문분야에 따라 서로 다른 특허기술분야를 유사한 과학기반 기술군으로 묶을 수 있다. IPC 기술분야와 학문분야간 상호교차표를 이용하여 과학논문에 대한 인용빈도가 10회 이상인 기술분야와 학문분야를 선정하였다. 기술분야의 학문분야에 대한 동시인용빈도 행렬을 작성한 다음 기술분야간 유사성을 측정하기 위해 동시인용행렬을 피어슨 상관계수로 정규화한 다음 다차원축척, 군집분석을 수행하였다(김현희, 김용호 1993).

군집 A는 고분자 학문분야에 기반을 둔 기술분야군이며, 군집 B는 물리학에 기반을 둔 기술분야군이다. 군집 A와 군집 B에 인접한 기술분야로 반도체(H01L)는 물리학, 공학분야와 강력한 상호작용을 보였다. 군집 C는 화

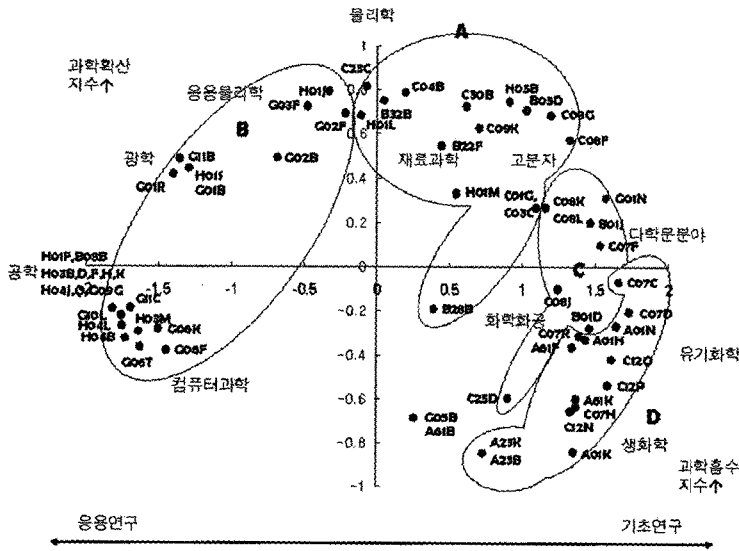
학 공학과 다학문기반 기술군으로 공정기술분야에 속한다. 군집 D는 화학기반 기술분야군으로 군집 D의 우측은 유기화학 기반 기술군이다. 군집 D의 하단부는 생화학 기반 기술들로 의약품(A61K) 및 바이오 기술분야가 자리 잡고 있었다.

특허에서 과학논문에 대한 인용빈도가 높은 분야는 전기전자 기술군과 바이오기술군으로 크게 구분되며 이 두 기술군은 서로 마주보는 대칭적인 자리매김을 하고 있다. <그림 4>의 좌측은 응용연구의 성격을 띠고 있으며 우측은 기초연구의 성격이 강하다. 그리고 윗부분은 여러 학문분야간 융합이 강한 기술군이 자리잡고 있었다. 기초연구분야와 관련도가 높은 화학 및 바이오기술군은 과학흡수지수가 높으며, 응용연구분야와 관련도가 높은 전기전자기술군과 광기술은 과학확산지수가 높은 기술군으로 나타났다.

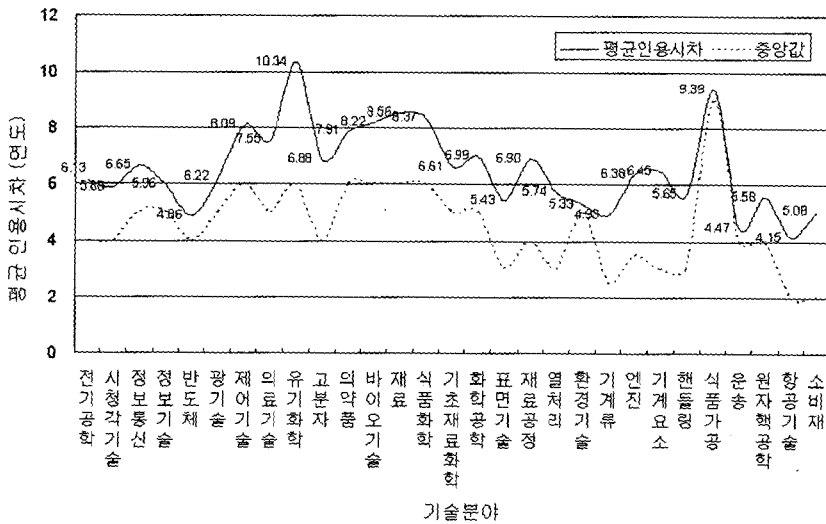
(4) 과학논문과 특허간 인용시차

특허에 인용된 과학논문의 발행년과 특허의 등록년간 평균인용시차는 특허의 기술영역이나 잠재적 첨단기술분야의 발전속도를 나타내는 지수이다. 이 지수는 특허에서 과학수명주기(Science Cycle Time)라고 불리는데, 인용특허와 피인용특허간 인용시차를 의미하는 기술수명주기(Technology Cycle Time)에 대응하는 개념으로 사용된다(Verbeek et al. 2002).

이 연구에서는 과학논문이 특허에 인용되기까지 소요되는 시간을 정밀하게 추적하기 위해 특허의 출원년과 과학논문의 발행년을 이용하여 인용시차를 구하였다.



〈그림 4〉 유사한 학문기반을 가진 과학기반기술군



〈그림 5〉 특히 기술분야별 평균 인용시차 및 중양값

〈그림 5〉는 특히 기술분야별 과학논문에 대한 평균 인용시차와 중양값이다. 과학논문에 대한 인용시차는 기술분야마다 상이하게 나타났다. 한국인 특허에서 과학연계지수가 높은

반도체분야의 경우 4.8년, 광기술은 6.2년, 의약품은 7.9년, 바이오기술은 8.2년이라는 과학논문과 인용시차를 보였다.

응용연구에 기반한 반도체나 광기술보다 기

초연구에 기반한 의약품, 바이오기술분야에서 과학논문과 특허간 인용시차가 길게 나타났다. 그 이유를 반도체 분야는 학술지와 학술회의 자료에 수록된 과학논문을 많이 인용하는 반면, 의약품 및 바이오기술분야는 주로 학술지에 수록된 과학논문을 많이 인용하고 있는데서 찾을 수 있다.

또한 기초연구로부터 도출된 중요한 지식은 그 연구에 관여하지 않았던 과학자나 발명자에 의해 인용되며, 기초연구로부터 얻은 발견을 토대로 한 혁신은 종종 수십년 뒤에 나타날 수 있기 때문에 여겨진다(조황희, 박수동 2000).

인용시차는 기존의 지식이 흡수, 확산되는 속도를 나타낸다. 인용시차가 짧다는 것은 과학논문과 기술간 상호작용의 속도가 빠르고 기술발전의 속도가 빨라서 지식의 흐름이 가속화된다는 것을 의미한다. 또한 과학논문과 특허간 인용시차가 짧다는 것은 과학의 자본화, 상업화가 활발히 이루어지고 있음을 나타낸다. 즉, 과학논문의 경제적 효과가 가시화되는데 오랜 시간이 소요되지 않는다는 것을 의미한다.

4. 결 론

과학적 연구결과와 기술적 활용성이 어떻게 관련되어 있는지, 기술활동에 종사하는 과학기술자들이 과학적 지식을 어떻게 인용하는지 파악할 수 있는 가장 대중적인 방법은 특허에 인용된 과학논문을 분석하는 것이다. 특허에 인용된 과학논문은 지식흐름의 복잡성과 상호호혜적인 상호작용이라는 특징을 반영한다. 과학논문과 특허간 연계정보는 어떤 학문분야가 어

떤 기술분야와 관련되어 있는지를 나타내며, 학계와 산업계간 어떤 상호작용이 바람직한지 판단할 때 유용한 정보를 제공한다.

이 연구는 과학논문을 인용하고 있는 한국인 특허가 등록된 이후 다른 미국특허에 의해 받게 되는 피인용횟수에 대해 일련의 가설들을 설정하여 검증하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 한국인 특허에 인용된 과학논문의 수는 한국인 특허가 다른 미국 특허에 의해 받게 되는 피인용횟수에 영향을 미치지 않는다.

둘째, 과학논문의 품질은 한국인 특허의 피인용횟수와 서로 관련이 있다. 한국인 특허중 SCI 과학논문을 적게 인용한 특허가 SCI 과학논문을 많이 인용한 특허보다 다른 특허에 의해 더 많이 인용되었다.

셋째, 과학논문의 최신성은 한국인 특허의 피인용횟수와 서로 관련이 있다. 과학논문과 특허간 인용시차가 짧을수록 한국인 특허는 다른 특허에 의해 더 많이 인용되었다.

또한, 미국특허중 한국인 특허와 이 특허에 인용된 과학논문간 상호작용을 측정할 결과 발견된 중요한 특징은 다음과 같다.

첫째, 과학확산지수가 가장 높은 학문분야는 전기전자공학이었으며, 그 다음이 응용물리학, 다학문분야였다. 과학확산지수가 높은 학문분야는 연계된 기술분야의 수가 많으며 다양한 기술과 관련을 맺고 있어서 학문의 응용범위가 넓은 분야였다. 과학확산지수가 높은 학문분야와 활발한 상호작용을 보이는 기술분야는 반도체, 광기술, 정보기술, 정보통신이었다.

둘째, 한국의 과학흡수지수가 가장 높은 IPC 기술분야는 의약품(A61K) 분야이며, 그 다음이 유기화학, 제어기술, 반도체 기술분야

였다. 과학흡수지수가 높은 기술분야는 과학적 지식기반이 광범위하며, 다양한 학문분야로부터 지식을 흡수하여 활용하고 있음을 나타낸다. 과학흡수지수가 높은 기술분야와 활발한 상호작용을 보이는 학문분야는 화학, 화학공학, 다학문분야, 고분자였다.

셋째, 특허에 인용된 과학논문의 평균 인용시차를 살펴보았을 때 반도체 분야는 4.8년, 광기술은 6.2년인데 반해 의약품은 7.9년, 바이오기술은 8.2년이라는 시차를 보였다. 그 이유중 하나는 전기전자 관련 기술분야들은 응용연구로부터 제품화 속도가 빠른 기술분야로 주로 학술회의자료를 많이 인용하였지만, 의약품 및 바이오기술 분야는 기초연구에 대한 의존도가 높은 분야로 학술지를 많이 인용하였기 때문이다.

이 연구는 한국인이 과학논문으로부터 과학지식을 흡수하여 특허라는 기술지식을 창출하고 이 기술지식이 확산되는 일련의 지식흐름을 분석하였다. 이를 통해 한국의 기술개발과 상

호작용하는 과학영역을 밝혀내고자 하였다. 기존에 학술지 또는 특허논문 전체를 대상으로 측정되었던 과학연계지수에서 탈피하여 학술지뿐만 아니라 학술회의자료에 수록된 과학논문까지 분석함으로써 한국의 기술개발과 관련된 과학집약도가 높은 기술분야를 밝혀내었다. 또한 과학논문이 특허의 혁신가치에 어떠한 영향을 미치고 있는지를 탐구함으로써 과학논문의 중요도를 식별하고자 하였다.

이 연구에서 제시된 다양한 결과는 관련 분야의 연구를 통해 확장되거나 기여할 수 있을 것이다. 각 기관 유형별로, 기술분야별로 지식의 활용패턴을 파악하여, 연구개발에 필요한 정보인프라를 사전에 합리적으로 구축할 수 있을 것이다. 또한 과학과 기술간 상호작용을 통한 지식흐름을 살펴봄으로써 어떤 학술 연구분야에 정부가 지원해야 하는지 정책결정자가 결정해야 할 때 객관적인 기반을 제공할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 강병서, 김계수. 2001. 『사회과학통계분석』. 서울: 데이터솔루션.
- 김현희, 김용호. 1993. 『계량정보학』. 서울: 구미무역.
- 조황희, 박수동. 2000. 『과학기술의 자본화: 과학기반산업의 혁신』. 서울: 과학기술정책연구원.
- 한국특허청. 2000. 『국제특허분류(IPC)』. 제 7판. 대전: 한국특허청.
- Gittelman, Michelle and Bruce Kogut. 2003. "Does good science lead to valuable knowledge? Biotechnology firms and the evolutionary logic of citation

- patterns." *Management Science*, 49(4) : 366-382.
- Hall, Bronwn, Adam Jaffe, and Manel Trajtenberg. 2001. *The NBER patent citations data file : Lessons, insights and methodological tools*. NBER Working Paper 8498.
- McMillan, Steven, Francis Narin, and David L. Deeds. 2000. "An analysis of the critical role of public science in innovation : The case of biotechnology." *Research Policy*, 29 : 1-8.
- Meyer, Martin. 2000. "Does science push technology? Patents citing scientific literature." *Research Policy*, 29 : 409-434.
- Meyer, Martin. 2002. "Tracing knowledge flows in innovation systems." *Scientometrics*, 54(2) : 193-212.
- Narin, Francis, and Dominic Olivastro. 1992. "Status report : Linkage between technology and science." *Research Policy*, 21(3) : 237-249.
- Narin, Francis, Kimberly S. Hamilton, and Dominic Olivastro. 1997. "The increasing linkage between US technology and public science." *Research Policy*, 26(3) : 317-330.
- Verbeek, Arnold, Koenraad Debackere, Marc Luwel, Petra Andries, Edwin Zimmermann, and Filip Deleus. 2002. "Linking science to technology : Using bibliographic references in patents to build linkage schemes." *Scientometrics*, 54(3) : 399-420.