기술혁신학회지 제12권 3호
2009년 9월 pp.471~498

국가별 과학연구 투입과 성과의 특성분석

Characteristics of Input and Output of Scientific Research

박현우(Hyun-Woo Park)*, 김경호(Kyung-Ho Kim)**, 여운동(Woon-Dong Yeo)***

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 관련연구 및 분석방법
Ⅲ. 과학연구의 투입특성 분석
Ⅳ. 국가별 과학연구의 성과특성 분석
Ⅴ. 결론

국 문 요 약

과학연구의 분야별 중요도를 판단하고 예산지원을 결정해야 하는 정부나 기업들은 국가의 과학적 위치를 파악할 수 있는 능력을 갖추는 것이 필수적이다. 이 논문에서는 세계 주요국이 연구개발 투자로 얻은 성과를 분석하여 국가 단위에서의 연구역량을 측정하고 국제적 관점에서 비교한다. 연구활동의 결과는 논문으로 발표되고, 이 논문은 새로운 논문의 자료로 인용되게 되는데, 일반적으로 인용할 만한 지식과 정보가 많은 논문일수록 다수의 연구자에 의해 참조되므로 논문의 발표량과 인용된 횟수는 연구 활동을 평가하는 척도로 활용된다. 본 논문에서는 각국의 과학연구 역량을 알아보기 위해 세계 각국의 SCI DB 수록 논문발표수와 그 인용도를 분석하고, 국내의 기관별, 분야별, 학술지별, 개인별 발표 논문수와 그 인용도를 분석한다. 본 연구에서는 논문발표 건수기준으로 세계 30개 국가를 대상으로 분석을 수행한다. 이 국가들은 세계전체 논문발표 건수의 90%를 차지하고 있는 국가들이다. 본 논문은 국가 간의 과학연구 성과를 다양한 시각과 척도로 비교평가하는 것으로 목적으로 한다. 이를 위해 우선 관련연구와 분석방법을 검토하며, 다음으로, 과학연구의 투입특성을 분석한다. 다음으로, 국가별 과학연구의 성과특성을 상세히 분석하고자 한다. 또한 과학연구의 투입과 성과 간의 관계를 확인하기 위해 통계적으로 검토한다. 끝으로, 이러한 분석결과를 바탕으로 결론과 시사점을 도출하고 연구의 한계와 추후과제를 제시한다.

핵심어 : 과학연구 투입, 과학연구 성과, 과학논문, 과학연구 영향력

※ 논문접수일: 2009.5.29, 1차수정일: 2009.7.15, 게재확정일: 2009.7.28
* 한국과학기술정보연구원 책임연구원, hpark@kisti.re.kr, 02-3299-6051, 교신저자
** 한국과학기술정보연구원 책임연구원, kimkho@kisti.re.kr, 02-3299-6010
*** 한국과학기술정보연구원 선임연구원, wdyeo@kisti.re.kr, 02-3299-6017

ABSTRACT

The ability to judge a country's scientific standing is vital for the governments and businesses that must decide scientific priorities and funding. In this paper, we analyze the output and outcomes from research investment over the recent years, to measure the quality of scientific research on national scales and to set it in an international context. There are many ways to evaluate the quality of scientific research, but few have proved satisfactory. To measure the quantity and quality of science in different nations, we analyzed the numbers of published research papers and their citations. The number of citations per paper is a useful measure of the impact of a nation's research output. Essential ata were acquired from SCI database by Thomson Scientific, which indexes more than 8,000 journals, representing most significant materials in science and engineering.

The purpose of this paper is to evaluate and compare the output and outcomes among nations in a variety of viewpoints and criteria. One of the implications in response to the result of analysis is that sustainable economic development in highly competitive world markets requires a direct engagement in the generation of knowledge. Even modest improvement in healthcare, clean water, sanitation, food, and transport need capabilities in engineering, technology, and medicine beyond many countries' reach. Nations exporting natural resources such as gold and oil can import technology and expertise, but only until these resources are exhausted. For them, sustainability should imply investment in alternative agricultural and technological capabilities through improvements in their skills base. A strong science base does not necessarily leat to wealth generation. However, strength in science has additional benefits for individual nations, and for the world as a whole.

Key Words : Input of Scientific Research, Output of Scientific Research, Research Paper, Citation, Impact of Scientific Research

I. 서 론

과학연구에 투입하는 연구비 지출에 대한 성과는 국가마다 어떻게 다른가? 과학연구의 분야별 중요도를 판단하고 예산지원을 결정해야 하는 정부나 기업들에 있어서 국가의 과학적 위치를 파악할 수 있는 능력을 갖추는 것이 필수적이다. 이 논문에서는 세계 주요 국가들이 연구개발 투자로 얻은 성과를 분석하여 국가 단위에서의 연구역량을 측정하고 이를 국제적 관점에서 비교해 보고자 한다.

과학연구의 성과를 평가하는 방법은 여러 가지가 있으나 만족할 만한 방법은 거의 없는 실정이다. 연구활동의 결과는 논문으로 발표되고, 이 논문은 새로운 논문의 자료로 인용되게 되는데, 일반적으로 인용할 만한 지식과 정보가 많은 논문일수록 다수의 연구자에 의해 참조되므로 논문의 발표량과 인용된 횟수는 연구 활동을 평가하는 척도로 활용된다.

학술정보 전문기관인 Thomson Scientific의 ISI(Institute for Scientific Information)는 이와 같은 점에 착안하여 매년 학술적 기여도가 높은 학술지를 엄선하고, 동 학술지에 수록된 논문의 서지사항 및 해당논문을 인용하고 있는 논문의 서지 사항에 관한 정보를 데이터베이스화(SCI DB)하여 이를 필요로 하는 수요자에게 제공하고 있다. 이에 따라 ISI의 SCI DB에 수록된 논문은 일단 세계적 수준의 논문으로 인정받고 있는데, 특히 피인용횟수가 많을수록 질적으로 우수한 논문으로 평가받고 있다.

본 논문에서는 각국의 과학연구 역량을 알아보기 위해 세계 각국의 SCI DB 수록 논문발표수와 그 인용도를 NSI(National Science Indicators) DB를 통해 분석하고, 국내의 기관별, 분야별, 학술지별, 개인별 발표 논문수와 그 인용도를 NCR(National Citation Report) DB를 이용, 분석한다. 본 연구에서는 논문발표 건수기준으로 세계 30개 국가를 대상으로 분석을 수행한다. 이 국가들은 NSI 기준으로 세계전체 논문발표 건수의 90%를 차지하고 있는 국가들이다. 나머지 160여개 국가들은 모두 합해서 10% 정도에 불과한 상태이다. 한편 과학연구 투입과 관련된 자료는 OECD와 World Bank에서 발표하는 과학연구 활동과 경제관련 통계를 입수하여 활용한다.

이 논문은 국가 간의 과학연구 성과를 다양한 시각과 척도로 비교평가하는 것으로 목적으로 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 다음과 같이 구성한다. 우선, 관련연구와 분석방법을 다룬다. 관련연구 동향에 있어서는 국가별 과학역량에 대한 종합적 접근을 수행한 May(1997)의 분석으로부터 최근의 현황을 다룬 OSI(2007)의 연구를 간략히 검토하며, 분석방법으로는 과학연구 투입의 특성과 성과의 특성을 국가 간에 비교분석하기 위해 다양한 지표를 설정한다. 다음으로, 과학연구의 투입특성을 분석한다. 총 연구개발비와 총 연구원 수라는 두 가지

투입요소에 대한 국가별 현황을 살펴보고 주요국을 대상으로 이들 요소에 대한 투입강도를 분석한다. 이어서, 국가별 과학연구의 성과특성을 상세히 분석하고자 한다. 먼저 과학연구 산출의 활동력(논문생산)을 총량과 함께 투입요소를 고려한 강도 측면에서 살펴보고, 영향력(논문인용)을 역시 총량적 측면과 함께 투입요소를 고려한 강도 측면에서 구체적으로 분석한다. 또한 과학연구의 투입과 성과 간의 관계를 확인하기 위해 통계적으로 검토한다. 끝으로, 이러한 분석결과를 바탕으로 결론과 시사점을 도출하고 연구의 한계와 추후과제를 제시한다.

II. 관련연구 및 분석방법

1. 주요 관련연구 동향 리뷰

국가별 과학연구의 성과에 대한 종합적인 접근은 1981-1994년 기간을 대상으로 수행된 May(1997)의 분석이 선구적이라고 할 수 있다. May는 주요국의 과학연구 성과를 다양한 관점에서 비교분석하였다. 그는 당해기간 중 과학, 공학, 의학 등의 분야에서 발표된 논문 수에서 세계 상위 15개 국가를 대상으로 하여 논문과 인용과의 관계를 나타내는 RCI(relative citation index)와 인용에 있어서의 비교우위 관계를 보여주는 RCA(revealed comparative advantage) 지수를 이용하여 국가별 현황을 분석하였다. 또한 RCI의 평균 변화율과 1981년부터 1985년까지 초기 RCI 간의 관계를 통해 과학성과의 질적 변화를 측정하고자 하였다.

영국 과학기술청(Office of Science and Technology: OST)은 1993년부터 2002년까지의 기간에 대하여 영국과 G8국가, 그리고 과학연구 측면에서 선도적 입장에 있는 국가들을 대상으로 분석을 수행하였다(OST, 2003). 과학연구에 대한 예산지출을 투입(input)으로, 그리고 연구인력, 특히 박사학위 배출과 논문발표 건수를 산출(output)로, 그리고 인용 건수를 연구의 질을 나타내는 성과(outcome)로 간주하여 분석이 이루어졌다.

한편 King(2004)은 May의 개척적 분석을 기초로 자료를 최신화하고 OST(2003)의 연구를 참고하여 유사한 분석을 수행하였다. 그는 G8 국가와 2004년 이전까지 가입된 15개 EU국가(EU15)를 포함한 31개국을 비교하였다. 특히 그는 경제적 부와 과학적 부를, 국가별 GDP에 대한 전체 논문 인용수의 비율로 측정한 과학 인용강도(citation intensity)를 1인당 GDP로 표시한 국가별 부의 강도(wealth intensity)의 함수로 나타내어 국가 간에 비교분석하였다. 그리고 7개 주요 학문분야에 대하여 주요국 간의 국가적 과학역량의 차이를 분석하였다.

또한 영국의 과학혁신청(Office of Science and Innovation: OSI)의 위탁에 따라 1996-2005

년 기간을 대상으로 수행된 연구(OSI, 2007)는 2003년의 연구(OST, 2003)에 이어 수행되었다. 비록 OSI 연구의 목적이 영국의 과학과 공학 연구의 성과를 평가하기 위한 것이었지만, 과학적 성취도를 판단하기 위한 측정기준을 제공하고 다른 국가들의 연구산출과 성과에 대한 분석결과를 제공하고 있다는 면에서 특징이 있다고 할 수 있다.

스위스 국제경영개발원(International Institute for Management Development: IMD)의 세계경쟁력센터(World Competitiveness Center)는 매년 국가경쟁력을 평가하여 보고서(IMD World Competitiveness Yearbook)로 발표하고 있는데, 이때 평가항목으로서 발전인프라 분야에 연구개발비 규모, 특허건수, 과학논문 인용회수 등을 반영한 과학인프라를 포함하고 있다. 그 외에도 국가별 과학연구역량에 대한 비교를 위한 연구에는 노벨상, 필즈메달 등 국제과학분야의 상(May, 1997), 과학분야별 인용횟수 상위 100명의 과학자(Batty, 2003), 우수대학, 또는 과학분야 박사학위 배출자 수 등과 같이 다양하여 상호 일관성을 찾기 어려운 것이 사실이다.

한편, 이상필 외(2005)는 연구기획평가 지원을 위한 논문의 피인용 통계분석을 수행하였고, 이혁재 외(2006)는 연구성과의 질 제고를 위한 논문평가 모형개발을 시도하였으며, 신승후·현병환(2008)은 논문 인용도를 통한 연구생산성 분석기법을 제시하고 있다. 이들 국내 연구들은 연구기획평가, 연구성과 질 제고, 연구생산성 분석 등과 같은 미시적 측면에서 과학논문에 대한 계량적 접근을 수행하였다.

이상에서와 같이 과학연구의 성과나 역량을 분석하기 위해 다양한 연구와 분석이 이루어지고 있는데, 이러한 분석은 대부분 논문발표 건수나 논문인용 건수, 연구개발 예산규모, 연구인력 수 등 총량 데이터를 기초로 국가 간의 차이나 학문분야 간의 차이를 비교하고 있다.

2. 분석방법

본 논문은 연구의 목적을 달성하기 위하여 과학연구 투입의 특성과 성과의 특성을 분석하기 위한 다양한 지표를 설정하고자 하며, 국가별로 산출된 지표를 기초로 비교분석과 필요한 해석을 수행하고 시사점을 도출하고자 한다.

첫째, 국가별 과학연구의 투입요소인 국가별 총 연구개발비와 연구원 수에 대한 특성을 주요 분야별 강도를 산출하여 살펴보기로 한다. 이를 위해 연구개발비의 경우 국가별 국내총생산(GDP), 총 인구, 총 연구원 수 등으로 나누어 산출한 값을 고려하며, 연구원 수의 경우 국가별 총 인구, 경제활동인구, 취업자 수 등으로 나누어 산출한 값을 검토하기로 한다.

둘째, 과학연구의 성과에 대한 특성을 총량적 측면에서 분석함과 동시에 주요 투입요소별

강도를 통해 분석하기로 한다. 이를 위해 각국이 발표한 논문건수와 인용건수를 국가별 GDP, R&D 예산, 총 연구원 수 등으로 나누어 산출한 값을 기초로 검토하기로 한다. 과학연구 성과의 강도 분석을 위한 자료는 2003년부터 2006년까지의 국가별 논문발표 건수, GDP 규모, R&D 예산, 연구원 수 등의 각 자료에 대한 3개년간 평균 수치를 기준으로 산출된 것이다. 또한 과학연구의 영향력 분석을 위한 논문인용 건수의 경우 2006년을 기준으로 집계된 수치이며, 이를 각 과학연구 투입요소에 대한 자료와 연계하여 분석을 수행한다.

셋째, 과학연구의 투입요소인 GDP, R&D 예산, 연구원수와 과학연구 성과물인 논문발표 건수및 논문인용 건수와의 관계를 살펴보기 위해 상관관계 분석과 다중 회귀분석을 수행하고 결과를 해석하고자 한다.

본고에서 분석에 사용되는 데이터로서는 먼저 ISI에서 SCI DB를 분석하여 만든 통계자료 DB인 National Science Indicators(NSI)와 논문의 서지사항과 인용통계에 관한 DB인 National Citation Report(NCR)의 수록자료를 활용하며, OECD와 World Bank에서 발표하는 과학기술 연구활동과 경제관련 통계를 입수하여 분석에 이용한다.

첫째, NSI는 국가별, 분야별 발표 논문수와 피인용에 관한 통계 자료를 수록한 DB로서 연간 100편 이상의 논문을 발표한 국가에 관한 분야별 통계자료를 포함하고 있다. 이를 이용하여 세계 주요국과 우리나라의 국가적 수준 비교를 수행한다. 그리고, NCR은 특정한 국가가 발표한 논문과 이 논문의 피인용 정보를 수록한 DB이다. 한국판 NCR은 한국에 주소를 가진 연구자들이 ISI에서 선정한 학술지에 게재한 논문과 이 논문을 인용하고 있는 논문의 서지정보를 수록하고 있다. 따라서 한국인 저자라 할지라도 외국기관에서 게재한 경우 NCR 통계에 포함되지 않는다.

둘째, OECD가 매년 발표하는 Science and Technology Indicators의 관련 데이터와 World Bank 발표자료 등을 이용하여 과학투입을 나타내는 여러 변수로 활용한다.

언급한 바와 같이 본고에서는 주요 국가별 과학연구의 양과 질을 측정하기 위해 과학연구의 주요 성과물인 연구논문과 인용정보를 분석한다. 이와 관련된 모든 데이터로서는 과학과 공학 분야의 가장 중요한 자료들인, 36개국 언어로 된 8,000종 이상의 간행물을 분류하고 있는, Thomson ISI의 자료를 활용한다. 이러한 계량정보학적 분석에서 나타날 수 있는 문제점 중 하나는 개별 논문이 전체 결과에 왜곡을 가져올 수 있다는 점이다. 예를 들면 어떤 특정한 논문의 경우 인용된 횟수가 많은 이유가 이론적인 오류가 알려졌다거나 저자가 자신의 논문을 과잉 인용했기 때문일 수도 있다. 그러나 본 연구에서는 고려된 논문의 건수가 많은 만큼 그러한 왜곡효과는 상당부분 완화되었을 것으로 생각된다. 또한 대규모 연구소의 연구책임자들은 자신이 직접 참여하지 않은 논문들에 저자로 올라있을 수도 있다. 그러나 본 연구의 분석

은 저자 개인의 이름이 아닌, 저자가 속한 국가만을 고려한다. 끝으로 인용분석의 결과를 다른 학문들 간의 비교를 수행하는 데 사용하지 말아야 한다. 예를 들어 의학분야 연구논문의 경우에는 수학분야 논문보다 대체로 인용 횟수가 많다.[1] 따라서 모든 학문분야의 인용자료를 전체적으로 집계하여 사용할 경우 인용도가 높은 분야가 낮은 분야를 압도해버리는 결과가 발생한다.[2]

III. 과학연구의 투입특성 분석

본고에서는 과학연구에 대한 국가별 투입 측면의 특성을 총 연구개발비와 총 연구원 수의 두 가지 요소를 기초로 분석하고자 한다. 이를 위해 먼저 이 두 가지 요소에 대하여 투입총량과 GDP, 인구규모, 취업자 수 등을 고려한 투입의 강도 측면으로 나누어 살펴보기로 한다.

1. 국가별 과학연구 투입총량

과학연구에 대한 투입 측면의 현황을 당해 국가에서 해당기간동안 과학연구에 투입한 총 연구개발비와 총연구원 수 측면에서 살펴보면 〈표 1〉과 같다.

우선, 연구개발비의 경우 공공연구기관, 대학, 기업에서 한 해동안 사용한 총 연구개발비로서, OECD의 연구개발활동 조사지침(Frascati Manual)에 의한 자연과학, 공학, 의학 및 농학 분야에 투자된 국가 전체의 총 연구개발비를 집계한다. 우리나라의 경우 인문·사회과학은 제외되어 있다. 각국의 연구개발비를 집계하는 데 있어서는 구매력평가지수(Purchasing Power Parity: PPP)를 고려한 달러금액이 적용되는데, 구매력평가지수(PPP)는 각국의 물가차이를 고려한 환율로서, OECD가 매년 회원국의 주요 생활용품에 대한 가격자료를 제출받아 발표하는 국가별 가격지수이다.

표에서 볼 수 있는 바와 같이 2004년부터 2006년까지의 기간을 대상으로 볼 때 평균 총 연구개발비의 경우 미국이 3,245억 달러를 투입하여 압도적인 수위를 차지하고 있다. 미국에 이어 일본이 1,283억 달러를 연구개발비로 투입하고 있음을 알 수 있다. 미국과 일본에 이어

1) 평균 인용률은 학문분야에 따라, 그리고 동일한 분야일지라도 심지어는 세부적인 전공분야에 따라 다르다. 예를 들어, 수학 관련 논문들은 생명과학 분야의 논문에 비해 더 적은 참고문헌을 인용한다. 면역학 분야에 속하는 저널들의 영향지수(impact factor)는 평균적으로 독물학 저널들에 비해 높은 수준이다.

2) 논문 인용분석의 문제점에 대해서는 MacRoberts and MacRoberts(1989)에서 잘 논의되고 있다.

〈표 1〉 국가별 과학연구 투입현황

	총 연구개발비(백만 PPP달러 기준)				총 연구원 수(FTE 기준)			
	2004	2005	2006	평균	2004	2005	2006	평균
미국	300,840.00	323,853.00	348,658.00	324,450.33	1,393,523	1,387,882	-	1,390,702.5
영국	32,056.90	33,413.42	35,590.83	33,687.05	173,715	179,387	183,535	178,879.0
일본	117,495.39	128,694.56	138,782.08	128,324.01	677,206	704,949	709,691	697,282.0
독일	61,393.12	62,448.36	66,716.11	63,519.20	270,215	272,148	279,452	273,938.3
중국	57,669.60	71,063.36	86,758.23	71,830.40	926,252	1,118,698	1,223,756	1,089,568.7
프랑스	38,024.85	39,270.06	41,507.90	39,600.94	202,377	204,484	211,129	205,996.7
캐나다	21,536.38	22,823.00	23,305.96	22,555.11	127,840	134,300	-	131,070.0
이탈리아	17,500.67	17,827.04	19,383.83	18,237.18	72,012	82,489	88,430	80,977.0
스페인	11,799.53	13,283.91	15,595.71	13,559.72	100,994	109,720	115,798	108,837.3
호주	11,693.43	-	14,867.50	13,280.47	81,192	-	87,270	56,154.0
러시아	17,807.58	18,120.51	20,154.93	18,694.34	477,647	464,577	464,357	468,860.3
네덜란드	9,642.99	9,843.22	10,345.75	9,943.99	41,543	40,589	47,314	43,148.7
한국	27,935.80	30,618.33	35,885.77	31,479.97	156,220	179,812	199,990	178,674.0
스웨덴	10,462.70	11,231.29	11,846.34	11,180.11	48,784	55,090	55,729	53,201.0
스위스	7,479.22	-	-	7,479.22	25,400	-	-	25,400.0
터키	3,572.70	4,416.99	4,883.68	4,291.12	33,876	39,139	42,663	38,559.3
폴란드	2,773.60	2,936.38	3,110.01	2,940.00	60,944	62,162	59,573	60,893.0
벨기에	6,035.65	6,176.72	6,661.83	6,291.40	32,400	33,146	34,921	33,489.0
이스라엘	6,424.88	7,145.40	7,789.63	7,119.97	-	-	-	-
덴마크	4,341.17	4,456.80	4,713.32	4,503.76	26,167	28,179	28,846	27,730.7
오스트리아	6,011.80	6,835.89	7,242.90	6,696.86	25,955	28,148	29,199	27,767.3
핀란드	5,394.16	5,565.89	5,945.25	5,635.10	41,004	39,582	40,411	40,332.3
그리스	1,470.64	1,642.74	1,734.64	1,616.01	-	19,593	19,907	19,750.0
멕시코	5,108.64	5,918.98	-	5,513.81	44,614	48,401	-	46,507.5
노르웨이	3,093.58	3,351.54	3,686.16	3,377.09	21,163	21,653	23,054	21,956.7
싱가포르	3,668.34	4,248.44	4,782.48	4,233.09	21,359	23,789	25,033	23,393.7
체코	2,458.35	2,931.45	3,489.12	2,959.64	16,300	24,169	26,267	22,245.3
뉴질랜드	-	1,189.32	-	1,189.32	-	17,235	-	17,235.0
OECD	715,306.88	766,256.13	825,559.31	769,040.77	3,769,257	3,883,289	-	3,826,273.0

주 : 각 자료의 평균은 해당 국가의 자료가 존재하는 년도의 평균값을 기준으로 산출함.
자료: OECD, Main Science and Technology Indicators, August 2008.

중국과 독일이 많은 금액을 연구개발비로 투입하고 있으며, 프랑스와 영국이 그 뒤를 잇고 있다. 한국의 경우 이들 국가에 이어 315억 달러의 연구개발비를 투입하고 있어, 세계에서 7번째로 많은 금액을 연구개발비로 투입하고 있는 것으로 나타나고 있다.

다음으로, 총 연구원 수는 총 연구개발인력 수와는 구분된다. 총 연구개발 인력수는 연구원과 연구보조원을 합하여 산출하는 것으로서, 연구개발에 참여한 인력규모를 나타낸다. 여기에서 연구원은 학사학위 이상의 학위소지자 또는 동등 학위 이상의 전문지식을 가지고 있는 인력으로서, 연구개발 과제를 수행하고 있는 사람을 말한다. 그리고 연구보조원은 연구지원 기능인력과 연구행정 및 기타 지원인력으로 구분된다. 연구지원 기능인력은 연구원은 아니나 연구개발 활동과 관련된 연구용 기자재의 운용, 도면의 작성, 가공·조립, 실험·검사·측정 등의 연구지원 업무에 종사하는 사람 및 연구개발 보조자를 말하며, 연구행정 및 기타 지원인력은 연구원은 아니나 연구개발 활동을 직접적으로 지원하는 연구행정, 연구회계, 연구지원사무 등을 포함한 지원업무에 종사하는 사람을 말한다. 따라서 연구원 수에는 연구보조원을 제외한 연구개발인력만을 집계한다. 또한, 국가별 연구원 수를 집계하는 데 있어서는 상근상당인력(Full-Time Equivalent: FTE)이 사용되는데, 상근상당인력(FTE)은 일정기간 동안 상근으로 근무하는 한 사람을 표시하는 측정단위로서, 겸직 연구개발 인력수를 상근상당 연구개발 인력수로 환산하고 여기에 상근 연구개발 인력수를 합하여 산출한다.

과학연구에 투입된 연구원 수를 국가별로 보면, 미국은 139만 명의 연구원을 투입하고 있어 이 부문에서도 역시 가장 높은 수준을 나타내고 있으며, 다음으로는 중국이 최근 3개년 평균 109만 명의 연구원을 투입하고 있어 미국과 함께 세계에서 가장 높은 연구원 투입을 나타내고 있다. 이들 국가에 이어 일본과 러시아가 각각 70만명과 49만명의 연구원을 투입하고 있으며, 이어서 독일이 27만명, 프랑스 20만명, 그리고 영국과 한국이 각각 18만명 정도의 연구원을 투입하고 있다. 즉, 한국의 경우 연구원 수에 있어서도 상위 7~8위 수준을 기록하고 있다.

종합적으로 볼 때 한국의 경우 총 연구개발비 측면에서 세계 전체에서 7위 수준, 연구원 수 측면에서 7~8위 수준을 기록함으로써 과학연구 활동에 있어서 상당히 높은 수준의 투입이 이루어지고 있음을 표를 통해 확인할 수 있다.

2. 주요국의 과학연구 투입강도

본 절에서는 국가별 과학연구의 투입요소인 총 연구개발비와 연구원 수에 대한 국가별 차이를 주요 분야별 강도를 산출하여 살펴보기로 한다. 이를 위해 연구개발비의 경우 국가별 국내총생산(GDP), 총 인구, 총 연구원 수 등으로 나누어 산출한 값을 고려하며, 연구원 수의 경우 국가별 총 인구, 경제활동인구, 취업자 수 등으로 나누어 산출한 값을 검토하기로 한다.

먼저, 연구개발비에 대하여 국가별 GDP, 총인구, 총 연구원 수로 나눈 값을 지표로 활용하

고자 한다. 첫째, 국가별 연구개발비를 GDP로 나누어 산출한 GDP 대비 R&D 예산(연구개발비)을 하나의 지표로 활용하고자 한다. 이는 한 국가가 과학연구에 투입할 수 있는 경제적 역량에 비추어 얼마나 많은 자원을 실제로 연구개발활동에 투입하고 있는지를 보여준다. 둘째 연구개발비를 총 인구로 나눈 인구 1인당 연구개발비를 지표로 사용한다. 셋째, 연구개발비를 총 연구원 수로 나눈 연구원 1인당 연구개발비를 지표로 사용하는데, 이는 각 연구원이 얼마나 많은 물적 자원을 지원받고 있는가를 보여준다.

다음으로, 연구원 수를 총 인구, 경제활동인구, 취업자 수 등으로 나눈 값을 지표로 활용하고자 한다. 첫째, 연구원 수를 총 인구로 나눈 인구 1천명 당 연구원 수를 지표로 활용하는데, 이는 국가규모에 비해 얼마나 많은 연구인력을 보유하고 있는가를 나타내준다. 둘째, 연구원 수를 현재 경제활동에 참여하고 있는 인구로 나눈 경제활동인구 1천명당 연구원 수를 지표로 활용하는데, 이는 해당국가의 산업구조가 얼마나 과학기술 집약적으로 구성되어 있는지를 나타내준다. 셋째, 국가별 총 연구원 수를 취업자 수로 나눈 취업자 1천명당 연구원 수를 지표로 활용한다. 이때 연구원 수의 경우 각각 상근상당인력(FTE) 기준에 따라 산출한다.

이상의 기준에 따른 과학연구 투입강도를 주요국에 대해 살펴보면 〈표 2〉와 같다. 먼저, 연구개발비 측면에서 보면, GDP 대비 연구개발비 투입비율은 일본이 3.29%로 가장 높고, 한국도 3%를 넘어서고 있다. 미국의 경우 국가적 과학연구 투입역량이 최고수준이면서도 GDP 대비 연구개발비 투입비율이 2.62%로서 매우 높은 수준을 유지하고 있다. 인구 1인당 연구개발비의 경우 미국과 일본이 1,000달러를 넘는 것으로 나타나고 있으며, 독일이 770달러, 한국과 프랑스가 각각 650달러와 630달러 수준을 보이고 있다. 반면 중국의 경우 이 수치는 55달

〈표 2〉 주요국의 과학연구 투입강도

	연구개발비			연구원(FTE 기준)		
	GDP대비 (비율)	인구 1인당 (PPP달러)	연구원 1인당 (PPP달러)	인구 1천명당	경제활동인구 1천명당	취업자 1천명당
미국	2.62	1,094.2	224,613.8	4.72	8.85	9.74
영국	1.75	559.4	188,240.2	2.97	6.03	5.76
일본	3.29	1,004.4	183,870.6	5.46	10.50	10.91
독일	2.50	770.5	231,801.6	3.32	6.70	7.04
중국	1.33	54.9	65,559.8	0.83	1.43	1.44
프랑스	2.12	630.3	192,178.4	3.28	7.50	8.19
한국	3.02	653.5	176,180.2	3.71	7.53	7.82

주 : 각 데이터는 2004-2006년 3개년 평균을 기준으로 산정하였음. 단, 미국의 경우 연구원과 관련된 데이터는 2004-2005년 2개년 평균을 기준으로 산정함.

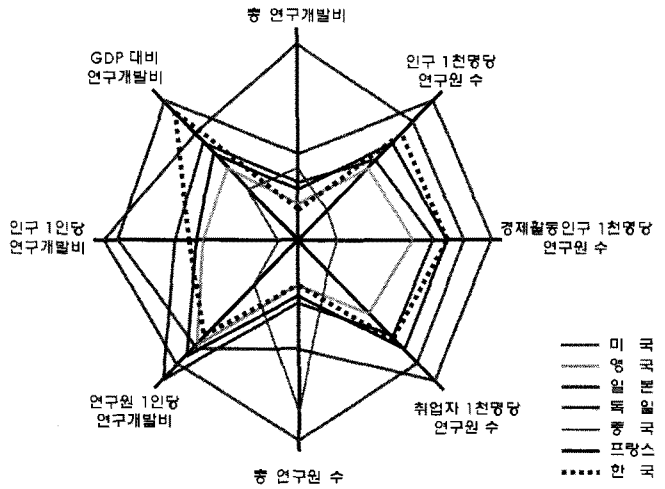
자료 : OECD, Main Science and Technology Indicators, August 2008.

러 수준에 머물고 있다. 연구원 1인당 연구개발비에 있어서는 독일이 23만 달러로 가장 높은 수치를 보이고 있으며, 다음으로 미국도 22만 달러로 독일과 비슷한 수준을 보이고 있다. 한국의 경우 프랑스, 영국, 일본에 조금 못 미치는 17.6만 달러를 나타내고 있다.

연구원 수 측면에서 과학연구 투입의 강도를 보면, 인구 1천명당 연구원 수에 있어서는 일본이 5.46명으로 가장 높은 수치를 보이고 있고, 이어서 미국도 4.72명으로 높은 수준을 나타내고 있다. 한국의 경우 이 수치는 3.71명으로서, 독일, 프랑스, 영국 등에 비해 다소 높은 수준을 보이고 있다. 경제활동인구 1천명당 연구원 수에 있어서도 일본이 가장 높은 수치를 나타내고 있으며, 나머지 국가의 경우에도 인구 1천명당 연구원 수와 유사한 추세를 보이고 있다. 취업자 1천명당 연구원 수에 있어서도 역시 일본과 미국이 가장 높은 수치를 보이고 있음을 볼 수 있다.

특히 취업자 대비 연구원 수 비율의 경우에는, 일본(10.50)과 미국(9.74)이 가장 높은 수준을 보이고 있으며, 영국, 독일, 프랑스 등의 국가보다 훨씬 앞서 있다. 일본에서는 학사학위 연구인력을 고용하고, 이들이 자기회사에서 평생 근무할 것으로 기대하여 현장 실무교육을 철저히 시키는 경향이 있다. 유럽과 미국에서는, 특히 공학 분야를 제외한 많은 산업 분야에서 박사 교육을 수료한 인력을 채용하는 것이 더 보편화 되어 있다. 박사학위 수준까지의 보다 일반화된 교육을 받은 R&D 인력의 이동성이 큰 경우, 특히 경제적 하강기에는 유리할 수도 있을 것이다(King, 2004). 한국의 경우 7.82명으로 중간수준을 나타내고 있다.

주요국의 과학연구 투입 강도를 그림으로 나타내면 (그림 1)과 같다. 이 그림에서 보면 국가별로 약간의 비대칭성이 나타나고 있음을 알 수 있다. 일본은 연구원 수 측면에서 매우 집



(그림 1) 주요국의 과학연구 투입강도 비교

약적인 상태를 보이고 있으며, GDP 대비 연구개발비 측면에서도 높은 수준을 보이고 있다. 미국은 인구와 연구원 대비로 볼 때 상대적으로 높은 수준의 연구개발비가 투입되고 있는 것으로 나타나고 있다. 영국의 경우 연구원 수 측면에서 강도가 전반적으로 낮은 상태임을 볼 수 있으며, 연구개발비 측면에서는 중간수준인 것으로 나타나고 있다. 독일의 경우 전체적으로 중간 수준을 보이고 있으나, 연구원 1인당 연구개발비에 있어서는 가장 높은 수준을 나타내고 있다. 중국의 경우 연구개발비와 연구원 수 측면에서 모두 강도가 매우 낮은 것으로 나타나고 있다. 프랑스의 경우 연구개발비와 연구원 수 강도에서 전체적으로 중간수준을 나타내고 있음을 볼 수 있다. 한국의 경우 GDP 대비 연구개발비 비율이 7개국 가운데 일본을 제외하고는 가장 높은 상태인 것을 제외하면 연구개발비와 연구원 수의 강도 측면에서 전반적으로 중간수준에 있음을 볼 수 있다.

IV. 국가별 과학연구의 성과특성 분석

국가별 과학연구 성과의 특성을 분석하기 위해 먼저 과학연구 산출물인 논문생산 현황을 총량적 측면과 투입요소를 고려한 강도 측면에서 살펴보고, 다음으로 과학연구 성과의 영향력을 역시 총량과 강도로 구분하여 검토하며, 끝으로 과학연구 투입요소와 성과 간의 관계를 살펴본다.

1. 과학연구의 활동력 특성

1) 과학연구의 활동력 총량

국가별 과학성과를 살펴보는 데 있어서 과학논문 발표건수는 가장 기본적인 지표라고 할 수 있다. 〈표 3〉은 최근 5개년간 논문발표 건수 면에서 세계 상위 30개국의 현황을 보여주고 있다. 이 표에서 알 수 있듯이 세계 전체적으로 보아 연간 100만건이 조금 넘는 논문이 발표되고 있는 것으로 나타나고 있다. 이러한 논문발표 추세를 연도별로 보면 2003년 110만 건, 2004년 99만 건, 2005년 114만 건, 2006년 113만 건, 2007년 118만 건으로 나타나고 있어, 최근 5개년간 전체로 볼 때 세계 전체에서 발표된 논문건수는 약 555만 건을 기록하였다. 이 중 상위 30개국이 발표한 논문은 약 499만 건으로서, 세계 전체 논문발표 건수의 90%를 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다.

〈표 3〉 최근 5년간(2003-2007) 국가별 논문발표수

국가	2003-2007		2003		2004		2005		2006		2007	
	논문수	순위	논문수	순위	논문수	순위	논문수	순위	논문수	순위	논문수	순위
미국	1,426,991	1	274,459	1	265,507	1	300,244	1	293,410	1	293,371	1
영국	377,714	2	72,380	3	69,614	2	78,828	2	77,108	2	79,784	2
일본	361,972	3	75,735	2	68,994	3	75,521	3	71,191	4	70,531	5
독일	354,890	4	69,236	4	64,892	4	75,307	4	72,271	3	73,184	4
중국	296,142	5	40,920	6	46,220	6	59,644	5	69,684	5	79,674	3
프랑스	254,233	6	50,302	5	46,406	5	53,774	6	51,609	6	52,152	6
캐나다	206,921	7	37,262	7	36,554	7	43,528	7	44,136	7	45,441	7
이탈리아	191,505	8	35,874	8	34,848	8	39,607	8	39,526	8	41,650	8
스페인	143,402	9	25,207	9	25,311	9	29,718	9	30,788	9	32,378	9
호주	129,753	10	23,713	11	23,143	10	26,860	10	27,545	10	28,492	10
인도	117,060	11	20,069	13	19,840	13	24,026	12	25,676	11	27,449	11
러시아	116,698	12	24,594	10	23,100	11	24,369	11	20,239	14	24,396	13
네덜란드	112,733	13	20,989	12	20,345	12	23,867	13	23,427	12	24,105	14
한국	110,121	14	18,839	14	19,392	14	23,099	14	23,297	13	25,494	12
스웨덴	81,761	15	15,901	15	15,061	15	17,211	15	16,584	17	17,004	17
스위스	81,618	16	15,221	16	14,792	16	16,945	16	16,953	16	17,707	15
브라질	76,725	17	12,728	17	13,425	17	15,917	17	16,963	15	17,692	16
터키	63,839	18	10,031	21	11,333	19	13,972	18	13,790	18	14,713	18
폴란드	62,317	19	11,705	18	11,806	18	13,156	19	13,073	19	12,577	20
벨기에	61,988	20	11,515	19	11,286	20	13,114	20	12,727	20	13,346	19
이스라엘	52,179	21	10,669	20	9,829	21	10,670	21	10,493	21	10,518	21
덴마크	43,730	22	8,481	22	8,034	22	9,129	22	8,867	22	9,219	22
오스트리아	42,073	23	8,207	23	7,796	23	8,808	23	8,358	23	8,904	23
핀란드	40,435	24	7,887	24	7,507	24	8,309	24	8,324	24	8,408	25
그리스	36,659	25	6,242	25	6,273	25	7,381	25	8,054	25	8,709	24
멕시코	32,437	26	5,913	26	5,966	26	6,871	26	6,655	27	7,032	27
노르웨이	31,324	27	5,475	27	5,511	27	6,494	27	6,750	26	7,094	26
싱가포르	28,758	28	4,864	29	5,144	28	6,093	28	6,307	28	6,350	30
체코	28,240	29	4,974	28	4,974	29	5,876	29	5,962	29	6,454	29
뉴질랜드	25,600	30	4,673	31	4,507	30	5,507	30	5,391	31	5,522	32
30개국 합계	4,964,218 (90.0)		929,392 (84.5)		902,903		1,038,338		1,029,767		1,063,828	
세계논문 수	5,546,,247 (100.0)		1,105,221 (100.0)		987,752 (100.0)		1,140,339 (100.0)		1,135,407 (100.0)		1,177,528 (100.0)	

주 : NSI(National Science Indicators) 기준

국가별로 보면 미국이 최근 5개년간 약 143만 건의 논문을 발표함으로써 미국 한 국가가 세계 전체 논문발표 건수의 25% 이상을 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다. 즉, 과학논문 발표건수 측면에서 본 과학연구 성과에 있어서 미국은 압도적인 수위를 차지하고 있음을 알 수 있다. 미국 다음으로는 영국(38만 건), 일본(36만 건), 독일(35만 건), 중국(30만 건), 프랑스(25만 건), 캐나다(21만 건) 등이 뒤를 잇고 있다. 이들 국가를 포함한 논문발표 상위 10개국을 고려할 경우 세계 전체 논문발표 건수의 67.5%를 차지하고 있고 있는 것으로 나타나고 있다. 이처럼 논문발표 건수 측면에서의 과학연구 성과는 소수의 국가에 집중되고 있음을 알 수 있다.

우리나라의 경우 2003년 18,839건, 2004년 19,392건, 2005년 23,099건, 2006년 23,297건, 2007년 25,494건 등으로 지속적인 논문발표 건수의 증가를 나타내고 있어, 2003년 14위 수준에서 2007년에는 12위 수준으로 향상된 것으로 나타나고 있다. 5개년 전체를 대상으로 할 경우 총 11만 건의 논문을 발표함으로써 세계 전체 발표논문 건수의 약 2% 수준을 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다. 이러한 수치는 미국의 7.8%, 영국의 29.2%, 일본의 30.4% 수준이다.

국가간의 논문발표 건수 순위에 있어서 최근 5년간 현황을 살펴보면, 미국이 당해기간중 1위를 고수하고 있으며, 영국의 경우 2004년을 제외하고 미국에 이어 2위의 자리를 유지하고 있는 것으로 나타나고 있다. 반면, 일본의 경우는 2위에서 5위까지 연도별로 차이를 보이고 있고, 독일은 대체로 4위 수준을 유지하고 있으며, 중국, 프랑스, 캐나다, 이탈리아, 스페인, 호주가 5위에서 10위까지를 차지하고 있다. 그 외 국가의 경우에도 연도별로 다소간의 순위변동은 있으나, 크게 차이는 없이 전반적으로 유사한 위치를 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다.

지역별로 보면, 논문발표 건수에서 세계 상위 30개 국가 중 약 60%가 유럽지역의 국가들이며, 아시아권의 국가는 한국, 일본, 중국, 인도, 싱가포르 등, 북미 국가는 미국과 캐나다, 남미 국가는 브라질과 멕시코, 오세아니아권의 호주와 뉴질랜드 등이 포함되어 있다.

한편, 이들 30개국 가운데는 스칸디나비아 국가들인 스웨덴, 핀란드, 노르웨이를 포함하여 스위스, 이스라엘, 덴마크, 오스트리아, 싱가포르, 뉴질랜드 등 총 9개국은 인구가 1,000만 명에 미치지 못하는 국가들로서 논문생산이 매우 활발한 국가들인 것으로 나타나고 있다.

2) 과학연구 활동력 강도

여기에서는 과학연구의 성과물에 대한 현황을 주요 분야별 강도를 통해 분석해 보기로 한다. 이를 위해 각국이 발표한 논문건수를 국가별 GDP, R&D 예산, 총 연구원 수 등으로 나누어 산출한 값을 기초로 검토하기로 한다. 이러한 국가별 과학연구 성과의 강도 분석결과는

〈표 4〉에서 볼 수 있다. 이 표에 나타난 과학연구 성과의 강도 분석을 위한 자료는 2003년부터 2006년까지의 국가별 논문수, GDP 규모, R&D 예산, 연구원 수 등의 각 자료에 대한 3개년간 평균 수치를 기준으로 산출된 것이다.

〈표 4〉 과학투입과 과학성과의 활동력 강도

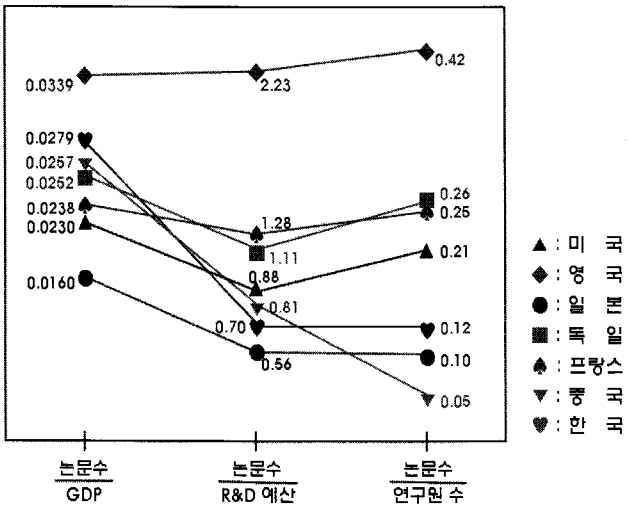
	논문수	GDP (백만 달러)	R&D 예산 (백만 PPP$)	연구원 수 (명)	논문수/ GDP	논문수/ R&D예산	논문수/ 연구원 수
미국	286,387	12,456,240	324,450.33	1,390,702.5	0.0230	0.88	0.21
영국	75,183	2,220,651	33,687.05	178,879.0	0.0339	2.23	0.42
일본	71,902	4,489,605	128,324.01	697,282.0	0.0160	0.56	0.10
독일	70,823	2,809,711	63,519.20	273,938.3	0.0252	1.11	0.26
중국	58,516	2,276,214	71,830.40	1,089,568.7	0.0257	0.81	0.05
프랑스	50,596	2,129,184	39,600.94	205,996.7	0.0238	1.28	0.25
캐나다	41,406	1,105,716	22,555.11	131,070.0	0.0374	1.84	0.32
이탈리아	37,994	1,748,542	18,237.18	80,977.0	0.0217	2.08	0.47
스페인	28,606	1,138,360	13,559.72	108,837.3	0.0251	2.11	0.26
호주	25,849	702,059	13,280.47	84,231.0	0.0368	1.95	0.31
인도	23,181	794,300	-	-	0.0292	-	-
러시아	22,569	777,369	18,694.34	468,860.3	0.0290	1.21	0.05
네덜란드	22,546	610,441	9,943.99	43,148.7	0.0369	2.27	0.52
한국	21,929	785,107	31,479.97	178,674.0	0.0279	0.70	0.12
스웨덴	16,285	361,818	11,180.11	53,201.0	0.0450	1.46	0.31
스위스	16,230	367,746	7,479.22	25,400.0	0.0441	2.17	0.64
브라질	15,435	822,011	-	-	0.0188	-	-
터키	13,032	356,265	4,291.12	38,559.3	0.0366	3.04	0.34
폴란드	12,678	293,392	2,940.00	60,893.0	0.0432	4.31	0.21
벨기에	12,376	369,683	6,291.40	33,489.0	0.0335	1.97	0.34
이스라엘	10,331	121,249	7,119.97	-	0.0852	1.45	-
덴마크	8,677	257,025	4,503.76	27,730.7	0.0338	1.93	0.31
오스트리아	8,321	306,433	6,696.86	27,767.3	0.0272	1.24	0.30
핀란드	8,047	196,181	5,635.10	40,332.3	0.0410	1.43	0.20
그리스	7,236	221,288	1,616.01	19,750.0	0.0327	4.78	0.37
멕시코	6,497	761,372	5,513.81	46,507.5	0.0085	1.78	0.14
노르웨이	6,252	281,644	3,377.09	21,956.7	0.0222	1.85	0.28
싱가포르	5,848	118,580	4,233.09	23,393.7	0.0493	1.38	0.25
체코	5,604	123,720	2,959.64	22,245.3	0.0453	1.89	0.25
뉴질랜드	5,135	103,953	1,189.32	17,235.0	0.0494	4.32	0.30

주 : 각 수치는 2004-2006년 평균치를 기준으로 산출함.

첫째, 국가별 GDP(백만 달러) 대비 논문발표 건수의 경우 한 나라가 과학연구에 투입할 수 있는 경제적 역량에 비추어 얼마나 많은 과학연구의 성과를 실제로 이루고 있는가를 보여준다. 이 수치의 경우 30개 국가 중 이스라엘이 0.0852로서 다른 국가들에 비해 압도적으로 높은 것으로 나타나고 있다. 이 수치는 30개국 평균의 2배가 훨씬 넘는 높은 수준임을 알 수 있다. 이스라엘을 제외할 경우 뉴질랜드(0.0494), 싱가포르(0.0493), 체코(0.0453), 스웨덴(0.0450), 스위스(0.0441), 폴란드(0.0432), 핀란드(0.0410) 등의 국가가 0.04건 이상의 논문을 발표하고 있어 GDP 대비로 볼 때 매우 높은 논문발표 건수를 기록하고 있다. 이들 국가는 상대적으로 경제규모가 작은 국가들로서, 과학연구의 투입역량에 비추어 상대적으로 높은 과학연구 성과를 나타나고 있는 것으로 판단할 수 있다. 한편, 미국의 경우 0.0230으로서 30개국 가운데 중간 이하의 수준인 것으로 나타나고 있으며, 영국은 0.0339로 평균 수준 이상인 것으로 나타나고 있다. 일본의 경우 이 수치는 0.0160으로서, 멕시코(0.0085), 브라질(0.0188건)을 제외할 경우 대상국가 중 가장 낮은 수준인 것으로 나타나고 있다. 우리나라의 경우 0.0279로서, 이들 국가 중 중간 수준인 것으로 나타나고 있다.

둘째, R&D 예산(백만 PPP$) 대비 논문발표 건수는 한 나라가 실제로 과학연구에 투입한 자원규모에 비추어 얼마나 많은 과학연구 성과를 기록하고 있는지를 보여준다. 달리 말하면, 이 수치는 과학연구 성과물의 한 형태인 논문발표 측면에서 과학연구에 투입되는 예산을 얼마나 효율적으로 사용하고 있는지를 어느 정도 가늠할 수 있는 지표라고 볼 수 있다. 이 수치의 경우 그리스가 4.78로서 가장 높은 수준을 기록하고 있으며, 뉴질랜드(4.32), 폴란드(4.31) 등이 4.0 이상을 기록하고 있어 다른 나라에 비해 월등히 높은 결과를 보여주고 있다. 한편, 미국의 경우 이 수치는 0.88로서 평균 이하, 영국은 2.23으로 평균보다 높은 수준인 것으로 나타나고 있다. 일본의 경우 0.56으로서, 30개국 중 가장 낮은 수치를 나타내고 있다. 우리나라의 경우도 이 수치가 0.70으로서 매우 낮은 수준에 있음을 볼 수 있다.

셋째, 연구원 수 대비 논문건수는 연구원 1인당 얼마나 많은 논문을 연간 발표하고 있는지를 보여주는 지표이다. 이 지표는 논문발표 건수 측면에서 연구원 1인당 과학연구 생산성을 나타내는 수치로도 활용될 수 있다. 이 수치에 있어서는 스위스가 0.64건으로 가장 높게 나타나고 있으며, 스위스에 이어 네덜란드도 0.52건으로 높은 수준을 기록하고 있음을 표에서 볼 수 있다. 다음으로는 이탈리아(0.47), 영국(0.42), 그리스(0.37), 터키(0.34), 벨기에(0.34) 등의 국가가 연구원 수 대비 논문발표 건수가 높은 국가인 것으로 나타나고 있다. 한편, 미국의 경우 0.21, 일본은 0.10, 독일은 0.26으로 나타나고 있으며, 중국과 러시아는 각각 0.05로 30개 국가 중에서 가장 낮은 수준을 나타내고 있다. 우리나라의 경우도 이 수치는 0.12로서, 일본과 함께 매우 낮은 수준을 나타내고 있다.



(그림 2) 주요국의 과학연구 성과의 활동력 강도 비교

이상에서 살펴본 과학연구의 활동력 측면의 과학연구 성과의 강도를 주요국을 중심으로 그림으로 나타내면 (그림 2)와 같다. 이 그림에 보면 논문발표 건수 측면에서 본 과학연구 성과가 국가별로 크게 차이가 나고 있음을 쉽게 알 수 있다.

영국의 경우 논문발표 건수는 GDP, R&D 예산, 연구원 수 등에 대한 비율로 표시한 강도에서 모두 다른 국가에 비해 눈에 띄게 높음을 알 수 있다. 이에 반해 일본의 경우 영국과는 반대로 모든 측면에서 가장 낮은 강도를 기록하고 있음을 볼 수 있다. 우리나라의 경우 GDP 대비 논문 수에서는 상대적으로 높은 상태이지만, R&D 예산과 연구원 수에 대한 논문발표 건수는 매우 낮은 편임을 그림에서 볼 수 있다.

2. 과학연구 성과의 영향력 특성

1) 과학연구 성과의 영향력 총량

과학연구 성과의 영향력은 주로 과학논문의 인용도를 통해 설명한다. 국가별 과학연구 성과의 영향력을 총량적 측면에서 보면 〈표 5〉에서와 같이 역시 미국이 압도적으로 높은 수준의 논문인용 건수를 기록하고 있다. 미국에 이어 많은 논문을 생산하고 있는 영국, 일본, 독일, 프랑스, 캐나다, 이탈리아 등의 경우 논문인용 건수에 있어서도 상위권을 그대로 유지하여 7위권 내에 위치하고 있음을 볼 수 있다.

〈표 5〉 국가별 논문생산과 인용건수

	논문생산		논문인용	
	건수	순위	건수	순위
미국	293,410	1	4,225,671	1
영국	77,108	2	920,627	2
일본	71,191	4	761,698	3
독일	72,271	3	742,680	4
중국	69,684	5	82,102	17
프랑스	51,609	6	495,930	5
캐나다	44,136	7	418,313	6
이탈리아	39,526	8	259,219	7
스페인	30,788	9	162,328	12
호주	27,545	10	208,691	10
인도	25,676	11	58,726	20
러시아	20,239	14	-	-
네덜란드	23,427	12	203,355	11
한국	23,297	13	84,053	16
스웨덴	16,584	17	225,000	8
스위스	16,953	16	224,399	9
브라질	16,963	15	48,668	22
터키	13,790	18	17,244	29
폴란드	13,073	19	50,298	21
벨기에	12,727	20	109,017	14
이스라엘	10,493	21	107,076	15
덴마크	8,867	22	123,792	13
오스트리아	8,358	23	68,283	19
핀란드	8,324	24	78,579	18
그리스	8,054	25	19,446	28
멕시코	6,655	27	21,138	27
노르웨이	6,750	26	41,482	23
싱가포르	6,307	28	22,448	26
체코	5,962	29	28,623	25
뉴질랜드	5,391	30	32,309	24

주 : 2006년 기준

한편 중국의 경우 논문생산 건수 측면에서 세계 5위를 기록하였으나 논문인용 건수 측면에서는 대상국가 중 17위에 불과한 것으로 나타나 논문생산과 논문인용 간의 괴리가 큰 국가인 것으로 나타나고 있다. 인도의 경우에도 논문생산 측면에서는 11위 수준이지만, 논문인용 건

수 측면에서는 20위 수준에 머물러 차이가 큰 국가인 것으로 나타나고 있다. 그 외에도 브라질과 터키 등의 경우 논문생산 건수에 비해 논문인용 건수는 크게 못미치는 국가인 것으로 나타나고 있다.

이에 반해 스웨덴과 스위스의 경우 논문생산 건수에 있어서는 각각 17위와 16위 수준에 있으나, 논문인용 건수 측면에서는 8위와 9위 수준으로서, 양적인 측면에서의 논문생산에 비해 질적인 측면 또는 영향력 측면에서 상대적으로 매우 높은 국가인 것으로 나타나고 있다. 이들 국가와 함께 벨기에, 이스라엘, 덴마크, 핀란드 등의 국가도 양적인 논문생산에 비해 논문의 영향력은 상대적으로 높은 국가임을 표에서 볼 수 있다.

우리나라의 경우는 당해연도에 논문생산에 있어서는 13위 수준인데 반하여 논문인용 건수 측면에서는 16위 수준으로서, 양적인 측면의 과학적 성과에 비해 질적인 측면이 다소 못 미치는 것으로 나타나고 있다.

2) 과학연구 성과의 영향력 강도

여기에서는 과학연구 성과의 영향력에 대한 현황을 주요 분야별 강도를 통해 분석해 보기로 한다. 이를 위해 각국이 발표한 논문에 대한 인용건수를 국가별 GDP, R&D 예산, 총 연구원 수 등으로 나누어 산출한 값을 기초로 검토하기로 한다. 이러한 국가별 과학연구 성과의 영향력 강도 분석결과는 〈표 6〉에서 볼 수 있다. 이 표에 나타난 과학연구 성과강도 분석을 위한 자료는 2006년의 국가별 논문인용 건수를 GDP 규모, R&D 예산, 연구원 수 등으로 나누어 산출된 것이다.

첫째, 국가별 GDP(백만 달러) 대비 논문인용 건수의 경우 한 나라가 과학연구에 투입할 수 있는 경제적 역량에 비추어 과학연구 성과가 얼마나 큰 영향력을 보이는지를 나타낸다. 이 수치의 경우 대상 국가 중 이스라엘이 0.8831로서 다른 국가들에 비해 압도적으로 높은 수준인 것으로 나타나고 있다. 이스라엘을 제외할 경우 스위스(0.5909)와 스웨덴(0.5845)이 높은 수준을 나타내고 있다. 이들 국가는 상대적으로 경제규모가 작은 국가들로서, 과학연구의 투입 역량에 비추어 상대적으로 매우 높은 과학연구 성과의 영향력을 보이고 있는 것으로 판단할 수 있다. 한편, 미국의 경우 0.3201로서 대상국가 중 평균을 다소 상회하는 것으로 나타나고 있으며, 영국도 0.3926으로 상당히 높은 수준인 것으로 나타나고 있다. 일본의 경우 이 수치는 0.1697로서, 중간수준 이하인 것으로 나타나고 있다. 멕시코(0.0278)와 중국(0.0308)은 이 수치에서 가장 낮은 국가들인 것으로 나타나고 있으며, 터키, 브라질, 인도 등도 매우 낮은 수준으로 나타나고 있다. 우리나라의 경우 이 수치는 0.0947로서, 매우 낮은 수준인 것으로 나타나고 있다.

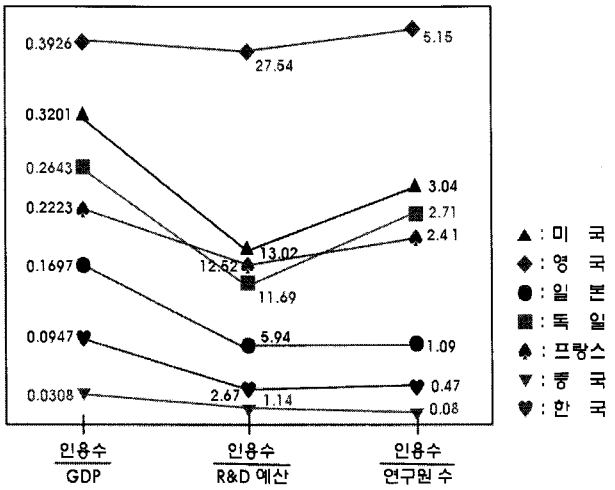
〈표 6〉 국가별 논문과 인용강도

	인용건수	인용수/논문수	인용수/GDP	인용수/R&D예산	인용수/연구원수
미국	4,225,671	14.40	0.3201	13.02	3.04
영국	920,627	11.94	0.3926	27.54	5.15
일본	761,698	10.70	0.1697	5.94	1.09
독일	742,680	10.28	0.2643	11.69	2.71
중국	82,102	1.18	0.0308	1.14	0.08
프랑스	495,930	9.61	0.2223	12.52	2.41
캐나다	418,313	9.48	0.3418	18.54	3.19
이탈리아	259,219	6.56	0.1405	14.21	3.20
스페인	162,328	5.27	0.1297	11.97	1.49
호주	208,691	7.58	0.2717	15.71	2.48
인도	58,726	2.29	0.0648	-	-
네덜란드	203,355	8.68	0.3092	20.45	4.71
한국	84,053	3.61	0.0947	2.67	0.47
스웨덴	225,000	13.57	0.5845	20.13	4.23
스위스	224,399	13.24	0.5909	30.00	8.83
브라질	48,668	2.87	0.0456	-	-
터키	17,244	1.25	0.0428	4.02	0.45
폴란드	50,298	3.85	0.1485	17.11	0.83
벨기에	109,017	8.57	0.2781	17.33	3.26
이스라엘	107,076	10.20	0.8831	14.87	-
덴마크	123,792	13.96	0.4816	27.49	4.46
오스트리아	68,283	8.17	0.2118	10.20	2.46
핀란드	78,579	9.44	0.4005	13.94	1.95
그리스	19,446	2.41	0.0879	12.03	0.98
멕시코	21,138	3.18	0.0278	3.83	0.45
노르웨이	41,482	6.16	0.1473	12.28	1.89
싱가포르	22,448	3.56	0.1893	5.30	0.96
체코	28,623	4.80	0.2314	9.67	1.29
뉴질랜드	32,309	5.99	0.3108	27.17	1.87

둘째, R&D 예산(백만 PPP$) 대비 논문인용 건수는 한 나라가 실제로 과학연구에 투입한 자원규모에 비추어 과학연구 성과에서 얼마나 큰 영향력을 기록하고 있는지를 보여준다. 이 수치의 경우 스위스가 30.00으로서 가장 높은 수준을 기록하고 있으며, 영국(27.54), 덴마크(27.49), 뉴질랜드(27.17) 등도 다른 나라에 비해 월등히 높은 결과를 보여주고 있다. 한편,

미국의 경우 이 수치는 13.02로서 평균 정도인 것으로 나타나고 있으며, 일본은 5.94로서 낮은 높은 수준인 것으로 나타나고 있다. 우리나라의 경우 이 수치는 2.67로서 중국(1.14)을 제외하고는 가장 낮은 수준에 있음을 알 수 있다.

셋째, 연구원 수 대비 논문인용 건수를 보면, 스위스가 8.83으로서 압도적으로 높은 수치를 나타내고 있으며, 스위스에 이어 영국(5.14), 네덜란드(4.71), 덴마크(4.46), 스웨덴(4.23) 등의 국가가 매우 높은 수준을 기록하고 있음을 볼 수 있다. 중국은 이 수치에서 가장 낮은 0.08을 기록하고 있으며, 터키와 멕시코가 각각 0.45로서 연구원 수 대비 논문인용 건수가 낮은 국가인 것으로 나타나고 있다. 한편, 미국의 경우 3.04로서 평균 이상, 일본은 1.09로서 평균 이하인 것으로 나타나고 있다. 우리나라의 경우도 이 수치는 0.47로서 매우 열악한 수준을 나타내고 있다.

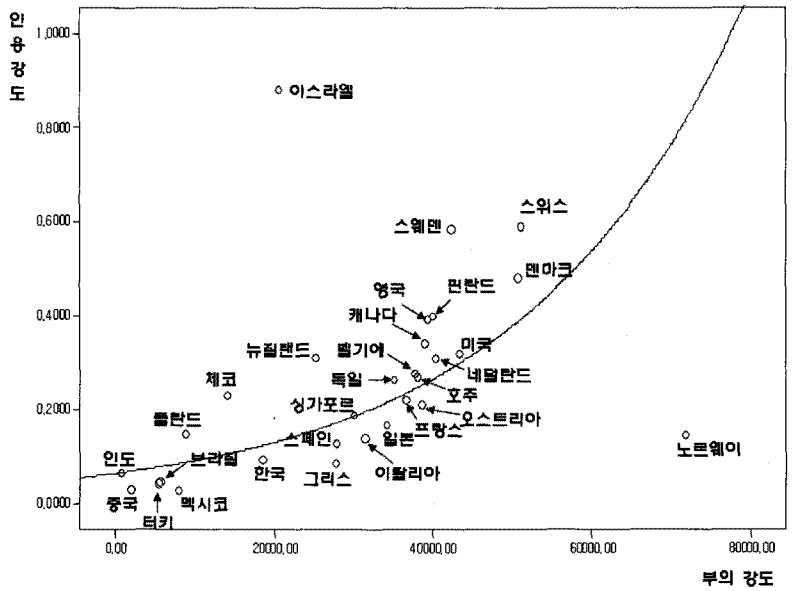


(그림 3) 주요국의 과학연구 성과의 영향력 강도 비교

이상에서 살펴본 과학연구 활동도 측면의 과학연구 성과의 강도를 주요국을 중심으로 그림으로 나타내면 (그림 3)과 같다. 이 그림에 보면 국가별로 논문인용 건수 측면에서 본 과학연구 성과의 영향력 강도가 크게 차이가 나고 있음을 쉽게 알 수 있다. 영국의 경우 논문인용 건수는 GDP, R&D 예산, 연구원 수 등에 대한 비율로 표시한 강도에서 모두 다른 국가에 비해 현저히 높음을 알 수 있다. 이에 반해 중국의 경우 영국과는 반대로 모든 측면에서 가장 낮은 영향력 강도를 기록하고 있음을 볼 수 있다. 우리나라의 경우도 GDP, R&D 예산, 연구원 수에 대한 논문인용 건수 측면에서 모두 매우 낮은 상태임을 그림에서 볼 수 있다.

한편, 국가별로 세계 과학에 기여한 정도도 물론 중요한 지표가 되나, 인구와 국내총생산

(GDP) 대비 산출 및 성과를 종합적으로 비교하는 것도 의미가 있다. (그림 4)는 부의 강도(wealth intensity), 즉 국가별 1인당 GDP와 인용 강도(citation intensity), 즉 전체 GDP 대비 인용건수를 비교한 것이다. 이 기준을 적용하면, 그룹 내의 소규모 국가인 스칸디나비아 국가들과 이스라엘, 스위스 등의 국가가 매우 강세를 보이고 있으며, 특히 이스라엘은 단연 수위를 차지하고 있다. 부의 강도가 1인당 2만 달러(이스라엘)에서 5만 달러(덴마크) 범위의 국가들은 인용 강도에서 10배에 이르는 편차를 보이고 있다. 부의 강도와 인용강도 간의 상관관계는 0.463으로서 그리 높지는 않은 것으로 나타나고 있으나, 범위에서 크게 벗어나 있는 이스라엘과 노르웨이를 제외할 경우 상관관계는 0.758로 대폭 증가하는 것으로 나타난다. 인용강도에 있어서 미국은 평균 수준, 영국은 평균 이상, 일본은 평균 이하로 나타나고 있다. 이들 국가와는 대조적으로 중국과 인도는 전체 GDP는 세계 상위권이지만 부의 강도와 인용 강도는 모두 낮다.



Method=Exp R2=.463 F=23.3226 유의수준=.000 b0=.0631 b1=3.8325E-05

(그림 4) 부의 강도와 인용강도의 비교

3. 과학연구 투입과 성과의 관계

1) 과학연구 투입과 논문생산 간의 관계

과학연구의 성과의 활동력(논문생산)과 과학연구의 투입(GDP, R&D 예산, 총 연구원 수)

간의 관계를 살펴보기로 한다. 이를 위해 국가별 논문발표 건수를 종속변수로 하고, 국가별 총 GDP 규모, R&D 예산 규모, 총 연구원 수를 독립변수로 하는 다중 회귀분석을 수행하여 이들 간의 관계를 살펴보기로 한다. 그런데 이들 독립변수 사이에 상관계수가 높아[3] 다중공선성(multicollinearity)의 문제가 나타나므로, 여기에서는 독립변수 중에서 종속변수에 큰 영향을 주는 변수만을 선택하여 모형에 포함시키고 종속변수에 별 영향을 주지 않는 변수는 제거할 필요가 있다. 이를 위해 단계적 회귀분석(stepwise regression)을 수행하였으며, 그 결과는 〈표 7〉과 같다.

분석에 따르면 결정계수는 0.973이고, 수정된 결정계수는 0.972로 나타나고 있다. 분산분석에서의 F-검정은 모형이 유의한지에 대한 검정결과를 보여주는데, 이에 따르면 F값이 911.983이며, 유의확률이 0.000으로서 모형이 유의하다고 할 수 있다. 단계적 회귀분석을 통해 추정된 계수에는 국가별 GDP만이 포함되어 있다. 이 표의 분석결과에서 보면 단계적 회귀분석에 따라 독립변수 중 R&D 예산과 총 연구원 수는 제외되었으며, 국가별 GDP만 변수로 선택되었다. 즉, 종속변수인 논문발표 건수를 설명하기 위한 독립변수 중 GDP가 가장 중요한 변수로 선택되었으며, 설명력도 매우 높게 나타나고 있다.

〈표 7〉 과학연구 투입요소와 논문수 간의 회귀분석 결과

	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
	B	표준오차	베타		
(상수)	4413.290	2030.427		2.714	.039
총 GDP	.022	.001	.987	30.199	.000
F = 911.983* R^2 = .973 Adjusted R^2 = .972					

* p 〈 .01

2) 과학연구 투입과 논문영향력 간의 관계

과학연구의 성과의 영향력(인용수)과 과학연구의 투입(GDP, R&D 예산, 총 연구원 수)의 관계를 살펴보기로 한다. 이를 위해 국가별 인용건수를 종속변수로 하고, 국가별 총 GDP 규모, R&D 예산 규모, 총 연구원 수를 독립변수로 하는 다중 회귀분석을 수행하여 이들 간의 관계를 살펴보기로 한다. 여기에서도 독립변수들 간의 상관관계가 매우 높고 이에 따라 다중공선성의 문제가 존재하기 때문에 단계적 회귀분석을 수행하였다. 이에 따른 분석결과는 〈표 8〉과 같다.

3) 과학연구 투입요소인 독립변수들 간의 상관계수는 GDP와 R&D 예산 간 0.989, GDP와 연구원수 간 0.845, R&D 예산과 연구원수 간 0.880 등으로 매우 높게 나타나고 있다.

〈표 8〉 과학연구 투입요소와 인용수 간의 회귀분석 결과

모 형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
		B	표준오차			
1	(상수)	-78676.9	49081.448		-1.603	.122
	GDP	.320	.017	.966	18.379	.000
	F = 337.781* R^2 = .934 Adjusted R^2 = .931					
2	(상수)	-61188.5	38986.792		-1.569	.130
	GDP	.413	.027	1.248	15.095	.000
	연구원 수	-.787	.200	-.326	-3.942	.001
	F = 278.954* R^2 = .960 Adjusted R^2 = .957					

* p 〈 .01

이에 따르면 결정계수는 0.934(모형 1)와 0.960(모형 2)이고, 수정된 결정계수는 각각 0.931(모형 1)과 0.957(모형 2)로 나타나고 있다. 분산분석에서의 F-검정은 모형이 유의한지에 대한 검정결과를 보여주는데, 이에 따르면 F값이 337.781(모형 1)과 278.954(모형 2)이며, 유의확률이 모두 0.000으로서 모형이 유의하다고 할 수 있다. 단계적 회귀분석을 통해 추정된 계수에는 모형 1의 경우 국가별 GDP만이 중요한 변수로 포함되어 있으며, 모형 2에는 GDP와 연구원수가 포함되어 있다. 또한 이들 독립변수의 설명력도 매우 높은 것으로 나타나고 있다.

V. 결 론

1. 분석결과 토론

최근 5개년간 과학논문 발표건수에 있어서 상위 30개국은 세계 전체 논문생산의 90%를 차지하고 있으며, 상위 10개국의 경우 세계 전체의 67.5%를 차지하고 있다. 미국의 경우 최근 5개년간 약 143만건의 논문을 발표함으로써 세계 전체의 25% 이상을 차지하고 있다. 이처럼 세계 논문생산 측면에서 과학연구 성과는 소수의 국가에 크게 집중되고 있는 현상을 보이고 있다.

논문인용 건수로 본 과학연구 성과의 영향력 역시 미국이 압도적으로 높은 국가이다. 영국, 일본, 독일, 프랑스, 캐나다, 이탈리아 등의 경우 논문인용 건수에 있어서도 상위권을 그대로 유지하고 있다. 반면 중국과 인도의 경우 논문생산에서 각각 세계 5위와 11위였으나 논문인용 측면에서는 17위와 20위에 불과하였다. 반면 스웨덴과 스위스의 경우 논문생산 건수에 있어

서는 각각 17위와 16위 수준에 있으나, 논문인용 건수 측면에서는 8위와 9위 수준으로서, 양적인 측면에서의 논문생산에 비해 질적인 측면 또는 영향력 측면에서 상대적으로 매우 높은 국가로 나타난다.

세계 과학적 성과에 있어서 북유럽 소국들의 역할이 특히 주목할 만하다. 이들은 모두 과학 산출과 성과의 강도 면에서 상위에 속해있다. 이들 벨기에, 덴마크, 핀란드, 네덜란드, 스웨덴, 노르웨이 및 스위스를 합하면 인구는 총 5,800만 명, 총 GDP는 2004-2006년 평균 2,444,538 백만 달러이다. 이들 국가는 동 기간 중 평균 90,413건의 논문(세계 전체의 8.2%)을 생산하였다. 이들 국가의 GDP 합계는 일본(4,489,605백만 달러)의 54.4% 수준이지만, 일본(71,902건)보다 25.7% 이상 많은 논문을 생산하였으며, 영국(2,220,651백만 달러)에 비해 GDP가 10% 정도 높은 수준인 데 대해 20% 이상 많은 논문을 생산하였다. 또한, 독일(2,809,711백만 달러)에 비해 GDP는 13% 정도 낮은 수준이지만, 논문생산은 28% 가까이 높은 수준을 나타내고 있다. 이처럼 이들 국가들의 경우 세계 여타 지역의 국가들에 비해 매우 집약적인 과학연구 활동을 수행하고 있다.

과학연구 투입요소와 성과 간에는 대체로 높은 상관관계가 있는 것으로 나타난다. 이스라엘의 경우 GDP 대비 과학연구 성과에서 탁월한 수준을 보이고 있는데, 이는 이스라엘의 GDP 대비 R&D 예산비율이 세계 최고수준에 있는 것과도 관계가 있다. 결국 과학적 연구성과를 높이기 위해서는 R&D 예산투입을 증대시키는 일이 당연하면서도 가장 효과적인 전략임을 말해준다고 할 수 있다.

우리나라의 경우 과학연구 투입 측면에서 GDP 대비 R&D 예산 비율은 상대적으로 높은 수준에 있다. 그러나 과학연구 투입요소 대비 논문수나 인용수는 매우 낮은 수준이다. 또한, 양적인 측면의 과학적 성과에 비해 질적인 측면이 다소 못 미치고 있다. 이에 대한 원인은 본 논문에서 규명되지 못한다. 다만, 과학연구의 성과가 우수한 국가들이 대체로 소규모 국가들로서, 이들 국가가 과학연구의 성과를 높이고 나아가 국가경쟁력을 높이기 위해 수행하는 다양한 정책을 보다 전략적으로 검토해볼 필요가 있다고 생각된다.

2. 시사점과 추후 연구과제

한 국가가 과학기반이 강하다고 해서 그것이 곧 바로 경제적 부의 창출로 이어지지는 않는다. 예를 들면, 영국의 과학기반은 오래 전부터 잘 알려진 사실이지만, 대학과 산업 간의 지식교류와 함께 첨단기술 클러스터의 개발로 이어지게 된 것은 최근의 일이다. 그러나 강력한 과학역량은 각 국가와 세계 전체에 또 다른 이점을 가져다준다. 세계적인 테러리즘과 질병의 확

산으로부터 지구 온난화의 위협에 이르기까지 세계는 각종 위협에 직면하고 있으며, 이에 대처하기 위해서는 결국 세계 모든 나라들이 자국의 과학자들에 의존하게 될 수밖에 없을 것이다.

한편 May(1997)가 지적하고 있듯이 개별국가들은 광범위한 과학의 여러 분야에서 서로 다른 위치를 차지하면서도, 다른 한편으로 하나의 포트폴리오를 유지할 수 있다. 그러나 과학기술정책들의 수행전략과 특정정책에 대한 우선순위는 국가마다 다를 것으로 예상된다. 특히 다른 지역에 위치한 국가들을 비교할 경우에 더욱 그러하다. 개도국들의 수많은 과학자들은 선진국의 학자들과 함께 일을 하면서 세계 과학시스템에 자연스럽게 흡수되어 간다(Wagner, 2004; Wagner & Leydesdorff, 2005). 그러나 제3그룹 국가들은 해당국가들 내부의 고유한 우선순위에 기초하여 그들의 과학적 자원을 개발해 왔다. 따라서 특정 국가의 과학적 성과에 대해 평가할 때는 해당국가의 포트폴리오를 보다 신중하게 고려해야 한다고 할 수 있다.

본 논문에서 수행한 연구에서는 투입과 산출 간의 시차를 고려하지 않았다. 또한 본 논문은 기본적으로 SCI 논문을 대상으로 한 계량정보학적 분석으로서, 이러한 연구는 데이터의 폭과 깊이에 따라 분석의 범위가 제한될 수밖에 없다. 즉, 본고의 분석은 국가별 논문발표 건수 전체를 대상으로 하였기 때문에 학문분야별 특성을 반영한 분석이 이루어지지 못하였다. 이는 향후 데이터 정비를 통해 추가연구가 이루어져야 할 분야라고 할 수 있다. 또한 한 나라의 과학기술 역량을 종합적으로 검토할 경우 기술적 성과인 특허에 대한 분석이 반영되어야 할 것이다. 그러나 본고에서는 과학연구의 성과에 초점을 맞추어 연구가 수행되었으며, 과학연구 성과와 기술적 성과를 종합적으로 고려한 분석과 국가별 비교평가는 추가연구의 과제로 남는다.

참고문헌

교육과학기술부 (2008), 과학기술논문 분석 연구, 교육과학기술부.

교육과학기술부·한국과학기술기획평가원 (2008), 2008 연구개발활동조사보고서, 교육과학기술부, 12.

신승후·현병환 (2008), "특허 및 논문분석을 이용한 연구생산성 분석기법에 관한 연구", 「기술혁신학회지」, 제11권 3호, 9, 400-429.

이상필 외 (2005), "연구기획평가를 지원을 위한 분야별 논문의 피인용 통계 분석", 한국기술혁신학회 2005년 춘계학술대회 논문집, 321-331.

이혁재 외 (2006), "연구성과의 질 제고를 위한 논문평가 모형개발", 「기술혁신학회지」, 제9권 제3호, 538-557.

Adams, J. (1998), "Benchmarking international research", Nature 396, 615-618.

Batty, M, (2003), "The geography of scientific citation", *Environment and Planning A* 35, 761-765.

Grant, J. and Lewison, G. (1997), "Government funding of research and development", Science 278, 878-879.

King, David A. (2004), "The Scientific Impact of Nations: What different countries get for their research spending", *Nature* 430, July 15, 311-316.

MacRoberts, Michael H. and MacRoberts, Barbara R. (1989), "Problems of Citation Analysis: A Critical Review", *Journal of the American Society for Information Science*, 40(5), 342-349.

Margolis, R. M. and Kammen, D. M. (1999), "Underinvestment: The Energy Technology and R&D Policy Challenge", *Science* 285, 690-692.

May, R. M. (1997), "The Scientific Wealth of Nations", *Science* 281, 49-51.

May, R. M. (1998), "The Scientific Investment of Nations", *Science* 278, 879-880.

OECD (2008), *Science and Technology* Indicators, Paris: OECD.

Office of Science and Technology (2003), *PSA Target metrics for the UK Research Base*, Department of Trade and Industry: OSI, October.

Office of Science and Innovation (2007), *PSA Target metrics for the UK Research Base*, Department of Trade and Industry: OSI, March.

HM Treasury (2004), *Science and Innovation Investment Framework*, London.

Singer, E. (2004), "The reluctant celebrity", *Nature* 427, 388-389.

Wagner, C. S. (2004), *International Collaboration in Science: A New Dynamic for Knowledge Creation*, University of Amsterdam.

Wagner, C. S. and Leydesdorff, L. (2005), "Mapping the network of global science: Comparing international co-authorships from 1990 to 2000", *International Journal of Technology and Globali- zation*, 1(2), 185-208.

Zewail, A. (2002), *Voyage Through Time*, Cairo-New York: American University in Cairo Press.

박현우

홍익대학교 대학원에서 경영학 박사, 고려대학교 대학원에서 이학박사를 취득하였다. 산업기술정보원 부연구위원, San Francisco 주립대 객원연구원, 캘리포니아대학(Santa Cruz) 연구교수를 거쳐 현재 한국과학기술정보연구원의 정보분석센터 책임연구원으로 재직중이다. 연구분야는 과학계량분석, 기술혁신경영, 기술가치평가 등이다.

김경호

KAIST에서 화학공학 석사학위를 취득하고, 서울시립대학교 환경공학과 대학원에서 박사과정을 수료하였으며, 현재 한국과학기술정보연구원에서 책임연구원으로 재직 중이다. 현재의 관심분야는 나노기술의 발전 동향으로서, 나노기술정책, 나노기술응용(그린 나노테크놀로지), 및 나노기술의 안전성 문제와 사회적 영향 등이다.

여운동

경북대학교 전자공학과를 졸업하고, 동 대학 전자정보통신대학원에서 석사학위를 취득한 후, 고려대학교 대학원 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정을 수료하였다. 현재 한국과학기술정보연구원에 선임연구원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 계량정보분석, 정보네크워크분석 등이다. 주요저서로는 블루투스 기술동향, PCB 등이 있다. 또한 특허동향분석, 기술동향분석 등에 관한 다수의 논문이 있다.