

개인 및 집단 기초연구사업의 속성에 따른 연구성과 영향 요인 분석

연승민* · 김슬기** · 김재수*** · 이병희****

I. 서론

정부는 국가의 혁신시스템을 기존의 추격형에서 선도형으로 전환하고자, 기초연구 분야의 내실화와 저변 확대를 위해 노력하고 있다. 이의 일환으로, 정부에서는 대학을 중심으로 기초과학 연구를 지원하여 연구역량을 배양·축적하고 우수 과학 인력 양성을 위해 이공분야 기초연구사업을 운영하고 있다(조현대 외, 2010). 한국연구재단(2015)에 따르면, 이공분야 기초연구사업은 개인연구, 집단연구, 기초연구기반구축, 기초연구기획평가로 구성되어 있다.

본 연구는 개인 및 집단연구사업 중 종료된 기초연구과제를 중심으로 SCI논문의 질적 수준을 반영하여, 연구성과에 미치는 요인을 분석하고 정책적 시사점을 도출하는데 목적을 두고 실증분석을 수행하였다. 개인 및 집단연구사업은 이공분야의 기초연구 활성화에 초점이 맞추어져 있으며 기초연구 저변 확대와 연구자 연구 역량 강화를 위해 지원하고 있다. 또한 개인 및 집단연구사업은 과학기술표준분류 상 전체 학문분야에 지원하고 있으며, 연구자의 경력 등을 고려하여 균형 있는 지원을 하고 있다. 이러한 측면에서, 데이터 분석시 표본선택의 편의 문제가 없을 것으로 판단하여 동 사업을 분석 대상으로 선택하였다. 개인연구사업은 일반연구자지원, 중견연구자지원, 리더연구자지원으로 구성되며, 연구자의 역량 단계별로 구분하여 창의적인 기초연구능력을 증진하고, 연구를 심화·발전시켜나감도록 지원하고 있다. 집단연구사업은 기초연구실지원, 선도연구센터로 구성되어 있으며, 국내 대학에 분산되어 있는 우수 연구인력을 특정분야별로 조직화하여 지원함으로써 고급 인력을 양성하고 기초연구의 활성화 도모에 중점을 둔다(한국연구재단, 2014).

이를 위해 본 연구에서는 2장에서 관련 이론적 배경을 살펴보고 분석을 위한 가설을 설정하였다. 3장에서는 가설 검증을 위한 연구 방법을 기술하고, 4장에서는 가설을 검증하였다. 마지막으로 5장에서는 정책적 시사점과 본 연구의 한계점을 언급하였다.

II. 이론적 배경과 가설설정

기초연구의 정의는 OECD(2002), NSF(2010), 미래창조과학부(2015) 등 다양한 기관에 의해 정의되고 있다. 이를 종합하여 보면, 기초연구는 순수한 목적으로 새로운 지식과 원리를 도출하는 연구활동으로 정리할 수 있다. 정부가 기초연구를 지원하는 당위성을 신고전주의 경제학 측면에서 찾아볼 수 있다. 경제적 가치를

※ 본 논문은 한국과학기술정보연구원 2015년도 ‘국가 R&D 정보의 공유/협력 강화로 국가과학기술가치 극대화’ 사업의 일환으로 연구되었음.

* 연승민, 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책전공 석사과정, 042-869-1686, ysm8725@ust.ac.kr

** 김슬기, 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책전공 석사과정, 042-869-0752, seulkim1@ust.ac.kr

*** 김재수, 한국과학기술정보연구원 NTIS센터장 / 과학기술연합대학원대학교 겸임교수, 042-869-1721, jaesoo@kisti.re.kr

**** 이병희, 한국과학기술정보연구원 책임연구원 / 과학기술연합대학원대학교 전임교수, 042-869-1724, bhlee@kisti.re.kr, 교신저자

보유한 기초연구의 성과는 그 결과의 이전, 사용, 활용에 있어 비용을 수반하지 않는다(Arrow, K. J., 1962; Pavitt, K., 1995). 또한, 기초연구의 연구수행기간이 응용·개발연구에 비해 상대적으로 길며, 경제적 성과를 도출하기까지 오랜 시간이 소요된다. 이와 같은 기초연구의 특성으로 민간부문에서는 기초연구 수행을 꺼리게 되어 사회적으로 바람직한 적정 수준 보다 낮은 수준의 투자가 이루어지게 된다. 이러한 시장실패¹⁾에 기인하는 자원 배분의 비효율성은 정부가 기초연구의 직접 투자를 확대함으로써 해결이 가능하다(황석원 외, 2008).

국가연구개발사업을 대상으로 연구개발투자의 성과에 영향을 미치는 요인 연구는 다수의 연구자에 의해 수행되었으나 주로 산업기술의 특성을 고려한 연구로(최지영, 2015), 기초연구를 대상으로 수행한 연구는 부족한 실정이다. 본 논문은 개인 및 집단연구사업을 대상으로, 연구성과에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다.

[가설1]: 연구기간에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있다. 이병헌 외(2006)는 기존 문헌연구를 통해, 장기적·지속적 연구개발 자원의 투자가 국가연구개발사업의 성공요인 중 하나로 보고하였다. 국가연구개발사업 대상으로 분석한 선행연구에서, 장기간 수행된 과제일 수록 연구성과에 정(+)의 영향을 미침을 보였다(권재철 외, 2012; 김용정 외, 2012; 문선영, 2008; 최태진, 2007). 이와 같이, 지속적인 연구개발 수행이 연구성과 창출에 주요 요인임을 알 수 있다.

[가설2]: 과제의 해당 학문분야(자연, 생명, 공학)에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있다. 이과계열은 기술적 성과보다 논문 성과가 많이 창출되는 반면, 공학계열은 논문 성과보다 기술적 성과가 많이 창출된다(설성수, 2011). 장진규(2001)는 학문분야별 특성에 따라 논문의 인용 빈도수의 차이가 나타나고, 이 차이는 대체적으로 타당하다고 보고하였다. 이와 같이, 학문분야에 따라 연구성과가 상이하게 나타남을 알 수 있다.

[가설3]: 과제의 수행주체에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있다. 심우중 외(2010)는 대학은 학술적 성과(논문, 특허 등)를, 기업체는 사업화 성과(고용창출 인원수, 매출액 등)를 주요 성과로 창출함을 보였다. 또한, 공공연구기관은 학술적 성과와 사업화 성과를 보였으며, 국공립연구소는 연구동향 보고서 등의 성과를 보였다. 연구수행주체의 특성에 따라 연구성과가 달리 도출됨을 알 수 있다.

[가설4]: 국내 공동연구 수행 여부에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있다. 정미애 외(2012)는 사례연구를 통해, 기초원천연구는 기술 성숙단계에서 시장성이 처음으로 고려되는 단계이고, 기초연구 성과의 실용화 촉진을 위해 산학연 협력이 필수적이라고 보고하였다. 반면, 김용정 외(2012), 홍사균 외(2006)는 통계적 분석을 통해, 기초연구사업의 협동연구는 연구성과 창출과 연구성과의 질에 부(-)의 영향을 미친다고 보고하였다. 연구방법에 따라 서로 다른 결과들이 도출됨에 따라, 본 연구에서는 국내 공동연구 수행 여부에 따른 연구성과 차이 분석이 필요하다고 판단하였다.

[가설5]: 국제 공동연구 수행 여부에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있다. 이준영 외(2012), 조현정(2014)은 선행연구를 고찰하면서, 국제 공동연구를 통해 새로운 지식과 기술을 습득하여 국내 연구 역량을 제고할 수 있다고 보고하였다. 김용정 외(2012), 이준영 외(2012)는 국제 공동연구는 논문의 질적 수준에 정의 영향을 미친다고 보고하였다. 이와 같이, 국제 공동연구 수행은 논문의 수, 논문의 질적 수준에 긍정적 영향을 끼친다고 보았다.

1) 시장실패(market failure): 재화와 서비스가 지닌 공공재적 특성, 외부효과, 정보의 불확실성, 비대칭성 등 시장의 내재적 결함으로 인해 사회적으로 적절한 생산이 이루어 지지 않은 문제(이달곤 외, 2006).

III. 연구방법

본 연구는 2013년, 교육부와 미래창조과학부의 개인 및 집단연구사업 중 4개 사업(일반연구자지원, 중견연구자지원, 리더연구자지원, 선도연구센터)을 대상으로 하였다²⁾. 국가과학기술지식정보서비스(National Science & Technology Information Service, NTIS)의 조사분석데이터 중, 2007-2013년 사이에 수행되어 2013년에 종료된 기초연구과제들을 대상으로 선정하였고, 인문분야 과제와 중소기업 등이 수행한 과제를 제외한 2,858건을 대상으로 분석하였다³⁾.

중속변수로, 가중논문 수를 각 과제의 총 정부투자연구비 혹은 총 연구원 수로 나누어 사용하였다. 가중논문 수는 교육부와 미래창조과학부의 연구개발사업 성과분석보고서에서 사용하는 성과 지표 중 하나이다. 기초과학 분야에서 연구성과는 대체로 논문으로 산출된다고 보고, 가중논문 수만을 고려하였다. 가중논문 수는 SCI논문과 비SCI논문의 질적 수준 지표 값을 가중치로 환산한 후 서로 합하여 계산한 값이다. SCI논문의 가중치는 보완된 순위보정영향력지수 값⁴⁾으로 보고, 비SCI논문의 가중치는 0.7로 한다⁵⁾. <표1>은 중속변수에 대한 기술통계를 나타내었다.

독립변수로는 연구수행기간과 학문분야, 연구수행주체, 국내 공동연구 수행여부, 국제 공동연구 수행여부로 구분하였다. 연구수행기간은 월 단위로 계산하여, 12개월 이하, 13-36개월, 37-60개월로 구분하였다. 학문분야는 국가과학기술표준분류상 자연, 생명, 공학분야로 구분하였다. 연구수행주체는 대학과 출연연구소만을 고려하였다. 국내외 공동연구 수행여부는 특정과제가 연구수행기간동안 국내외 대학, 연구기관, 기업 등과 1회 이상 공동연구를 진행하였다면, 해당 과제는 국내외 공동연구를 수행하였다고 보았다. <표2>는 독립변수에 대한 기술통계를 나타내었다.

과제별 속성과 연구성과의 차이를 분석하기 위해 독립표본 T-검정(2그룹 차이분석)과 일변량 분산분석(3그룹이상 차이분석)을 수행하였다. 분산분석의 결과가 유의한 차이를 갖는 경우, Dunnett T3 방법을 사용하여 사후분석을 실시하였다. 본 연구에서 통계분석을 위해 R을 사용하였다.

<표 1> 중속변수의 기술통계

구분	관측 수(N)	평균	표준편차	최소값	최대값
정부연구비 1억 원 당 가중논문 수	2,858	4.0729	6.1731	0.0000	78.0615
연구원 1명 당 가중논문 수	2,858	0.7829	1.3307	0.0000	22.7000

2) 기초연구실지원은 2013년도 종료과제가 없으므로 분석대상에서 제외하였다.

3) 비SCI논문 정보는 조사·분석 대상에서 제외되므로, 조사·분석 확정데이터가 아니다.

4) 보완된 순위보정영향력지수는 연구과제 단위의 성과분석에 적절한 지표이며, 분야간 비교 시에도 가장 적절한 지표이다(허정은 외, 2008). 본 지수는 SCI논문의 표준화된 순위보정영향력지수에 근거하여, 1-5사이의 정수 값을 갖는다. 본 지수를 산출하기 위해, Thomson Scientific사의 2013년 Journal Citation Reports(JCR) Online DB를 사용하여 저널의 영향력지수, 순위보정 영향력지수, 표준화된 순위보정영향력지수를 산출하였다. 순위보정 영향력지수와 표준화된 순위보정영향력지수는 JCR Online DB의 분야별 학술지 수와 해당 분야내 학술지 순위(영향력지수 기준)를 대상으로 계산하였다. 저널의 분야를 재분류하기 위해, JCR Online DB의 176개 분야를 통상적 SCI 분류기준인 NSI(National Science Indicators)의 22개 분야로 재분류 하였다. 이 때, 1개 논문이 다양한 분야에 해당하는 경우 각 분야의 논문 수에 모두 반영하였다.

5) 예를 들어, A과제의 연구수행기간 동안 산출된 성과가 SCI논문 2편(각 논문의 보완된 순위보정영향력지수: 3, 2), 비SCI논문 2편이라면, A과제의 가중논문 수는 (3+2)+(0.7*2)=6.4 건이 된다.

<표 2> 독립변수의 기술통계

구분		관측 수(n)	비율(%)	구분		관측 수(n)	비율(%)	
연구수 행기간	12개월 이하	138	4.83	연구수행 주체	대학	2,811	98.36	
	13-36개월	2,663	93.18		출연연구원	47	1.64	
	37-60개월	57	1.99		합계	2,858	100.00	
	합계	2,858	100.00	수행	2,712	94.89		
학문분 야	자연분야	617	21.59	공동연 구수행 여부	국내	미수행	146	5.11
	생명분야	1,198	41.92			합계	2,858	100.00
	공학분야	1,043	36.49		국제	수행	163	5.70
	합계	2,858	100.00			미수행	2,695	94.30
					합계	2,858	100.00	

IV. 영향 요인 분석 결과

[가설1]의 검증을 위하여 연구수행기간에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있는지 유의수준 5%에서 검정하였다. 연구수행기간에 따라 정부연구비 1억 원 당 가중논문 수와 연구원 1명 당 가중논문 수에서 매우 유의한 차이를 나타내었다. 사후분석 결과, 95% 동시 신뢰 구간에서 연구수행기간 37-60개월 그룹의 연구성과가 13-36개월 그룹과 12개월 이하 그룹의 연구성과보다 상대적으로 많음, 13-36개월 그룹의 연구성과가 12개월 이하 그룹의 연구성과보다 상대적으로 많음이 통계적으로 유의하게 나타났다.

[가설2]의 검증을 위하여 학문분야에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있는지 유의수준 5%에서 검정하였다. 학문분야에 따라 정부연구비 1억 원 당 가중논문 수와 연구원 1명 당 가중논문 수에서 매우 유의한 차이를 나타내었다. 사후분석 결과, 95% 동시 신뢰 구간에서 자연분야 그룹의 연구성과가 생명분야 그룹과 공학분야 그룹의 연구성과보다 상대적으로 많음, 공학분야 그룹의 연구성과가 생명분야 그룹의 연구성과보다 상대적으로 많음이 통계적으로 유의하게 나타났다.

<표3>는 [가설1]과 [가설2]에 대한 일변량 분산분석 검정결과를 나타낸다.

<표 3> 연구수행기간별, 학문분야별 성과차이 검정결과

(단위: 건)

	종속변수	구분	관측 수(n)	평균	표준 편차	F-value	등분산검정 (Levene Statistic)	Dunnett T3
연구수 행기 간별	정부연구비 1억 원 당 가중논문 수	12개월 이하(1)	138	0.8807	4.4158	27.7891***	18.9225***	3>2>1 *
		13-36개월(2)	2,663	4.1661	6.1653			
		37-60개월(3)	57	7.4488	7.2436			
	연구원 1명 당 가중논문 수	12개월 이하(1)	138	0.3012	1.9905	19.0431***	9.8695***	3>2>1 *
		13-36개월(2)	2,663	0.7915	1.2722			
		37-60개월(3)	57	1.5597	1.5877			
학문분 야별	정부연구비 1억 원 당 가중논문 수	자연분야(1)	617	6.3521	7.4941	69.4069***	47.575***	1>3>2 *
		생명분야(2)	1,198	2.8345	4.5553			
		공학분야(3)	1,043	4.1471	6.5472			
	연구원 1명 당 가중논문 수	자연분야(1)	617	1.3270	1.7372	72.4663***	49.8244***	1>3>2 *
		생명분야(2)	1,198	0.5663	1.1345			
		공학분야(3)	1,043	0.7098	1.1654			

***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05

[가설3]의 검증을 위하여 연구수행주체에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있는지 유의수준 5%에서 검정하였다. 연구수행주체에 따른 정부연구비 1억 원 당 가중논문 수와 연구원 1명 당 가중논문 수의 차이는 통계적으로 유의하지 않음을 보였다.

[가설4]의 검증을 위하여 국내 대학, 연구기관, 기업과의 공동연구 수행여부에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있는지 유의수준 5%에서 검정하였다. 국내 공동연구 수행여부에 따른 정부연구비 1억 원 당 가중논문 수와 연구원 1명 당 가중논문 수의 차이가 통계적으로 유의함을 보였다. 국내 공동연구를 수행한 경우가 그렇지 않은 경우보다 많은 연구성과를 창출하였다. 국내 공동연구를 수행한 경우의 협력유형을 보면 2,712건 모두 산학 협력의 경우로, 협력유형에 따른 성과차이 분석은 미 실시하였다. 다만, 국내 공동연구를 수행한 표본이 전체 관측 수 중 94.89%를 차지하므로, 통계적 유의성 판단에 어려움이 있다.

[가설5]의 검증을 위하여 국외 연구기관과의 공동연구 수행여부에 따라 연구성과에 유의한 차이가 있는지 유의수준 5%에서 검정하였다. 국제 공동연구 수행여부에 따른 정부연구비 1억 원 당 가중논문 수와 연구원 1명 당 가중논문 수의 차이가 통계적으로 매우 유의함을 보였다. 국제 공동연구를 수행한 경우가 그렇지 않은 경우보다 많은 연구성과를 창출하였다. 다만, 연구 역량이 높은 연구자가 국제 공동연구를 수행할 가능성이 높으므로(김용정 외, 2012), 결과 해석에 유의하여야 할 것이다. 또한, 국제 공동연구를 수행한 표본이 전체 관측 수 중 5.70%를 차지하므로, 통계적 유의성 판단에 어려움이 있다.

<표4>는 [가설3], [가설4], [가설5]에 대한 T-검정 결과를 나타낸다.

<표 4> 연구수행주체별, 국내 공동연구수행여부별, 국제 공동연구수행여부별 성과차이 검정결과

(단위: 건)

	종속변수	구분	관측 수(n)	평균	표준편차	T-value
연구수행 주체별	정부연구비 1억 원 당 가중논문 수	대학	2,811	4.0778	6.2063	0.5347
		출연연구원	47	3.7820	3.7063	
	연구원 1명 당 가중논문 수	대학	2,811	0.7841	1.3382	0.6305
		출연연구원	47	0.7118	0.7668	
국내 공동연구 수행여부	정부연구비 1억 원 당 가중논문 수	국내 공동 연구 수행	2,712	4.2292	6.2018	7.4167***
		국내 공동 연구 미수행	146	1.1691	4.7733	
	연구원 1명 당 가중논문 수	국내 공동 연구 수행	2,712	0.8054	1.2834	2.6609***
		국내 공동 연구 미수행	146	0.3649	1.9778	
국제 공동연구 수행여부	정부연구비 1억 원 당 가중논문 수	국제 공동 연구 수행	163	6.4202	6.4357	4.8081***
		국제 공동 연구 미수행	2,695	3.9309	6.1293	
	연구원 1명 당 가중논문 수	국제 공동 연구 수행	163	1.1796	1.2884	4.0408***
		국제 공동 연구 미수행	2,695	0.7589	1.3297	

***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05

V. 결론

본 논문은 기초연구사업을 대상으로 연구성과에 영향을 미치는 요인을 분석하여 정책적 시사점을 도출하고자 하였다. 이를 위해, 개인 및 집단연구사업의 2013년 종료 과제들을 대상으로 주요 요인들을 설정하여 T-검정, 일변량 분산분석을 수행하였다. 분석결과, 그룹간 평균차이가 통계적으로 유의하여 [가설1], [가설2], [가설3], [가설5]를 채택할 수 있었으나, [가설4]는 그룹간 평균차이가 통계적으로 유의하지 않아 기각하였다.

본 연구는 다음과 같은 정책적 시사점을 갖는다. 첫째, 기초연구는 응용·개발연구보다 성과 창출에 상대적으로 많은 시간이 소요되는 특성을 고려하여, 연구자가 장기간·안정적으로 연구를 수행할 수 있는 환경을 조성해야 할 것으로 보인다. 둘째, 학문분야간 학술적 특성이 모두 상이함에 따라 연구성과의 수가 서로 차이를 보이고 있으므로, 학술적 특성을 반영한 연구기획과 체계적 성과관리가 필요할 것으로 보인다. 셋째, 기초연구분야도 타 연구기관과의 공동연구를 장려하고 지원하여, 기초연구의 역량 강화와 기초연구 성과의 실용화 증진에 적극적으로 대응하여야 할 것으로 보인다.

본 연구는 다음과 같은 한계점을 갖는다. 첫째, 연구성과로 논문만을 고려하여 분석하였다. 순수 기초연구의 경우 연구성과가 주로 논문으로 나타나지만, 목적 기초연구의 경우 연구성과가 논문과 특허로 창출될 수 있다(홍사균 외, 2006). 향후 특허성과도 연구성과에 포함하여, 기초연구의 구분을 고려한 연구생산성 차이를 분석하여야 할 것이다. 둘째, 학문분야를 대분류(자연, 생명, 공학)로만 설정하여 분석하였다. 대분류 이하 세부학문 분야에 따라서도 특성이 모두 상이하므로, 분석결과가 달라질 수 있다. 향후, 세부학문 분야에 따른 연구성과 영향요인을 분석·비교하여야 할 것이다. 셋째, 그룹간 표본 수가 특정 그룹으로 편중되어 있어 이를 개선해야 할 것으로 보인다. 그룹의 표본 수를 늘려 분석결과와 통계적 유의성을 명확히 하여야 할 것이다.

참고문헌

- 권재철 외 (2012), “대형 연구개발사업의 성과에 영향을 미치는 요인에 관한 연구 : 21세기 프론티어연구개발 사업을 중심으로”, 『기술혁신학회지』, 15(1) : 185-202.
- 김용정 외 (2012), 「기초연구사업 특성과 논문 질의 상관관계 분석 및 시사점 : SCI 논문 저자 서베이를 중심으로-」, 서울: 한국과학기술기획평가원.
- 문선영 (2008), “R&D투입 요소와 성과간의 상관관계 분석에 의한 연구관리 효율화 방안 연구-한국과학재단의 특정기초연구사업을 중심으로-”, 충남대학교 대학원 석사학위 논문.
- 미래창조과학부 (2015), “기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률”.
- 설성수 (2011), 『기술혁신론』, 경기: 도서출판 법문사.
- 심우중 외 (2010), “우리나라 국가연구개발사업 정부연구비의 투입 대비 성과의 다각적 분석”, 『기술혁신학회지』, 13(1) : 1-27.
- 이달곤 외 (2006), 「산학협력기술지주회사의 성공적 정착을 위한 모델 연구」, 서울: 교육인적자원부.
- 이병헌 외 (2006), “국가연구개발 사업의 새로운 성공모델 탐색 : FTTH기술개발 사례 분석”, 『벤처창업연구』, 1(2) : 27-65.
- 이준영 외 (2012), “국제 공동연구의 인용영향력에 대한 연구 - 기초기술연구회 13개 출연연구기관을 대상으로 -”, 『한국전자통신학회 논문지』, 7(6) : 1353-1362.
- 장진규 (2001), 『공공연구개발투자의 생산성 분석방법론 개발』, 서울: 과학기술정책연구원.

- 정미애 외 (2012), 「기초·원천연구의 실용화 촉진 방안: 산학연협력을 중심으로」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 조현대 외 (2010), 「기초연구 성과 창출 및 확산 촉진을 위한 연구시스템 개선방안」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 조현정 (2014), “국가 R&D 사업의 국제공동연구에서 협력특성과 특허성과의 관계에 대한 연구 - 공공연구기관을 중심으로”, 「지식재산연구」, 9(1) : pp.181-208.
- 최태진 (2007), “국가연구개발사업의 유형별 성과분석을 통한 전략적 연구관리체계 구축에 관한 연구”, 건국대학교 대학원 박사학위 논문.
- 최지영 (2015), “국가연구개발사업의 기술적 성과창출 영향요인에 관한 연구 : 기계 및 화학 산업 기술개발사례를 중심으로”, 충남대학교 대학원 석사학위 논문.
- 한국연구재단 (2014), 「2014 한국연구재단 연구지원 통계연보」, 대전: 한국연구재단.
- 한국연구재단 (2015), “사업안내: 이공분야 기초연구사업”, <http://www.nrf.re.kr/> (2015.09.15.).
- 허정은 외 (2008), “국가연구개발사업의 과학적 성과분석을 위한 새로운 계량지표 개발에 관한 연구”, 「기술혁신학회지」, 11(3) : pp.376-399.
- 홍사균 외 (2006), 「정부연구개발사업의 추진구조와 성과의 상관관계 분석: 기초연구를 중심으로」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 황석원 외 (2008), 「기초연구 투자의 경제적 파급효과 분석」, 서울: 과학기술정책연구원.
- Arrow, K. J. (1962), *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Innovation, The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press.
- NSF(2010), *Science and Engineering Indicators*.
- OECD (2002), *Frascati manual*.
- Pavitt, K. (1995), *Academic research, technical change and government policy*, in Krige, J. and Pestre, D. ed., *Science in the 20th Century*, Harwood Academic Publishers, Amsterdam.