

과학기술계 출연연구기관의 지식창출 협력유형 분석에 관한 연구: 개방성과 다양성 중심으로

A Study on the Collaboration Types of Knowledge Creation in Korean
Government-supported Research Institutes of S&T: Focusing
on Openness and Diversity

박주형(Joohyoung Park)*, 이희상(Heesang Lee)**

목 차

I. 서론	IV. 분석결과 및 토론
II. 이론적 배경	V. 결론
III. 방법론	

국문 요약

본 연구는 지식창출 협력유형을 개방성과 다양성 측면으로 분류하고 출연(연)별 지식창출 협력 경향과 특성을 분석하였다. 개방성은 외부의존성과 협력주도성을, 다양성은 협력다양성, 협력집중성 지표를 정량화하여 기관 및 국가 레벨로 하는 4가지 분류모형을 제시하였다. 데이터는 26개 과학기술계 출연(연)의 연구자가 포함된 SCOUPS DB의 39,507편의 논문을 대상으로 하였다. 분석결과, 개방성 측면의 기관 레벨에서는 출연(연)이 연구를 주도하기 보다 연구에 참여하는 형태로 다수의 외부기관과 협력하는 “다자간협력참여형” 유형으로, 국가 레벨에서는 다수의 기관이 “국외다수기관협력형”으로 분류되었다. 다양성 측면의 기관 레벨에서는 소수 혹은 특정기관에 집중되는 “편식협력형” 혹은 “단식협력형” 유형으로, 국가 레벨에서는 다수의 출연(연)이 “다수국가참여 특정국가집중형” 혹은 “소수국가참여 특정국가집중형” 유형에 집중되었다. 출연(연)이 경쟁력을 갖춘 지식을 창출하는 기관으로 성장하기 위해서는 외부조직과 협력을 하되, 연구를 주도하는 전략 혹은 연구생산성을 확보한 독자적 연구기관으로 전환해 나가는 전략이 필요하다.

핵심어 : 출연연구기관, 지식창출, 협력, 개방성, 다양성

※ 논문접수일: 2014.6.10, 1차수정일: 2014.8.23, 2차수정일: 2014.9.20, 게재확정일: 2014.10.2

* 한국기계연구원 책임연구원, 성균관대학교 기술경영학과 박사과정, parkjooh@kimm.re.kr, 042-868-7851

** 성균관대학교 기술경영학과 교수, leehee@skku.edu, 031-290-7604, 교신저자

ABSTRACT

We classified collaboration types of Government-supported Research Institutes (GRIs) in Korea to make a creation knowledge with the openness and the diversity. The openness is described to collaboration dependence and leading intensity, and the diversity is expressed to collaboration diversity and collaboration concentration. We suggest four taxonomy models explained in terms of the openness and the diversity with country level and institute level. This study uses 39,507 papers in SCOUPS DB that include author(s) affiliated to 26 GRIs. It concludes that many GRIs is classified to the type of multilateral collaboration follower in institute level and to the type of global network player in country level from the perspective of openness. In the aspect of diversity, many GRIs is concentrated to the collaboration type of picky eater or monophagous in institute level and to the multinational asymmetry type or non-multinational asymmetry type in country level. It is necessary for GRIs to lead collaboration and to transfer inhouse R&D institutes with high performance to be competitive institutes which make high quality knowledge.

Key Words : Government-supported Research Institutes (GRIs), Knowledge creation, Collaboration, Openness, Diversity

I. 서 론

최근 정부 정책기조의 중심에 있는 창조경제는 창의성과 ICT·과학기술에 기반한 새로운 기술을 창조하고 혁신함으로써 새로운 일자리와 시장을 창출하고 국민의 삶의 질을 높이는 방향을 목표로 하고 있다(미래창조과학부, 2013). 이에 대해 정부는 출연(연)에게 본연의 임무인 새로운 지식을 창출하고, 그 성과를 개방·공유하여 가치를 극대화시킬 수 있는 생태계와 플랫폼을 구축하도록 하는 중요한 역할을 부여하고 있다(과학분야 출연(연) 발전전략 TF, 2013).

과학기술계 출연(연)은 1966년 KIST 설립을 시작으로 KIST로부터 스핀오프(spin-off)되거나, 국공립 연구기관을 재정비, 혹은 전문연구기관을 신설하면서 지속적인 발전을 이루어 왔다. 그동안 과학기술계 출연(연)은 여러 차례에 걸쳐 거버넌스 변화를 거쳐 왔으며, 현재는 미래창조과학부 산하 국가과학기술연구회 소관 총 25개 연구기관(부설기관 6개 포함)으로 구성 운영되고 있다.

출연(연)은 위험성이 큰 기초 원천기술 개발과 투자 회수기간이 장기간 소요되는 등 민간기업이 투자를 기피하는 분야의 연구, 국가 과학기술 기반 구축·운영 및 서비스 기능 등을 수행하기 위해 설립된 연구기관이다(김명순 외, 2000; 성지은 2002; 이달환, 1996). 설립초기에는 선진기술을 도입, 소화, 개량, 보급하는 역할을 담당해 왔으나, 민간의 연구역량이 성장함에 따라 연구개발 수행 주체들과의 협력을 통해 창조적 기술개발을 선도하고 협력의 구심체 역할을 담당해 온 것은 주지의 사실이다(성지은 2002).

출연(연)의 분류는 과거 각 부처별로 흩어져 있던 연구기관을 연구회 체제로 전환하면서 처음 시도되었다. 1999년에 도입된 연구회 체제는 출연(연)의 고객과 수행 미션 등을 기준으로 기초기술연구회, 공공기술연구회, 산업기술연구회로 구분하였으며, 2008년에는 기초기술연구회, 산업기술연구회 체제로 전환하면서 일부 기관을 재분류한 바 있다. 최근 출연(연)은 기관간 상호협력 기반의 융합연구를 통한 원천기술 뿐만 아니라 기술의 실용화와 중소기업의 지원 기능 수행에 이르기까지 출연(연)이 담당해야 할 기능의 스펙트럼이 확대됨에 따라 연구수행단계인 기초, 응용, 개발 형태의 선형모델로 출연(연)을 분류하는 데는 한계가 존재한다. 이러한 이유로 정부에서는 기초기술연구회, 산업기술연구회로 양분화되어 있는 거버넌스를 일원화하여, 연구기관간 상호협력과 지원 및 관리 기능의 내실화를 위해 단일화된 연구회를 발족한 바 있다(국가과학기술심회의, 2013).

그러나, 25개의 과학기술계 출연(연)을 단일 연구회 체제로 운영하더라도, 각 기관별 특성을 강화하고 글로벌 연구기관으로 성장해 나가기 위해서는 전략성을 갖춘 체계적인 분류와 육성 전략이 필요하다. 최근 융합기술 기반의 연구개발과 성과 실용화, 중소기업 지원 등이 요구되어

지는 시점에서 출연(연)의 고유기능 혹은 수행과제의 성격을 기준으로 출연(연)을 분류하는 것은 객관성을 담보하지 못할 수 있다.

현재 출연(연)은 국가의 미래를 위해 차세대 기술을 발굴하고 탐색하여 지식을 창출하고 기술을 축적해 나가는 역할에 큰 비중을 두어야 한다. 지난 40여 년간 출연(연)은 학제적 분류 및 연구의 목적에 따른 집단분류에서 연구회라는 하나의 통합된 연구체로 전환되는 시점에서 지식창출과 원천기술 확보를 어떻게 효율적으로 진화시켜 나가야 할 것인가에 초점을 두어야 할 것이다. 지식창출 과정을 출연(연) 독자적으로 할 것인지, 개방형 전략을 취할 것인지, 외부 조직의 협력파트너들과 어떤 형태로 협력을 취할 것인지에 대해 출연(연)의 특성을 고려한 전략이 필요하다.

본 연구는 과학기술계 출연(연)의 고유임무 중의 하나인 지식창출 활동에 대해 출연(연)의 협력 형태를 분류하고, 출연(연)이 지식창출의 경쟁력을 확보하기 위해서는 현재의 협력유형을 어떤 방향으로 전환해 나가야 할 것인가에 대한 시각에서 접근한다. 과학기술계 출연(연)의 지식창출시 외부역량을 활용하는 개방성과 협력파트너의 다양성을 기준으로 출연(연)을 분류하고 출연(연)의 지식창출 협력 특성을 분석하고자 한다. 개방성과 다양성을 기반으로 한 출연(연)의 지식창출 협력유형 분류는 그동안의 출연(연)별 협력유형의 특성을 분석하고, 향후 경쟁력 있는 지식창출 기관으로 성장하기 위한 방향과 전략을 마련하는데 도움을 줄 것으로 사료된다.

II. 이론적 배경

연구협력은 둘 이상의 기업들이 보유한 자원과 지식을 활용해 특정기술을 개발하는 일련의 활동으로 정의한다(Hagedoorn et al., 2006). 과거 조직의 지식창출은 조직 내부의 자산을 전략적으로 활용하여 독자적인 기술개발과 혁신을 추구해 왔으나, 점차 기술 주기가 짧아지고 기술이 복잡해지기 시작하면서 조직 내부의 역량을 활용해 독자적인 기술개발을 지속하는 것이 사실상 어려워졌다. 따라서 최근 기업들은 외부 우수 역량을 보유한 기관과의 상호협력을 통해 조직의 부족한 역량을 보완해 나가는 개방형 혁신(open innovation) 전략을 추구하고 있다(Chesbrough & Appleyard, 2007).

개방형 혁신은 외부 자원을 활용해 혁신성과를 높이는 전략을 말한다. 개방형 혁신 활동이 혁신 성과에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구가 이루어져 왔고, 이와 관련한 다양한 주장이 제시되어 왔다. 일반적으로 외부와의 연구협력 활동은 기술혁신에 수반되는 위험과 비용을 분

산하고 내부의 부족한 기술을 보완할 수 있어, 혁신활동 성과에 긍정적인 영향을 미친다는 것이 중론이다(Faems et al., 2005; Hagedoorn, 1993; Klomp & van Leeuwen, 2001).

특히 외부와의 협력활동을 통해 창출되는 연구성과 및 지식들은 기관 독자적으로 생산하는 지식들에 비해 질적인 경쟁력을 갖는 것으로 분석되고 있다. 영국, 동유럽, 대만 지역의 서지분석 연구결과에 의하면 협력논문은 그렇지 않은 논문에 비해 높은 인용도(citation impact)를 보이며, 협력의 형태 또한 내부협력, 국내 기관간 협력, 외국기관을 포함한 협력 순으로 인용도가 높게 나타났다(Katz & Hicks, 1997; Teodorescu & Andrei, 2011; Liu et al., 2012). 이러한 현상은 자연과학 분야 및 정량적 연구일수록 지식창출시 협력의 비율이 증가하는 것으로 나타났다(Cronin et al., 2004; Moody, 2004; Teodorescu & Andrei, 2011).

반면, 이러한 협력활동에 있어 개방성의 수준과 협력대상의 다양성이 지식창출을 비롯한 혁신성과에 어떤 방향으로 영향을 주는가에 대해서는 다양한 주장이 제기되고 있다. 기존 연구에 의하면, 외부와의 연구협력 강도 측면에서는 협력 네트워크가 강할수록 혁신활동의 건수는 증가되며(Love & Roper, 1999), 기술협력 규모 또한 기술혁신 건수에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다(김성홍, 2007). 연구협력의 다양성과 혁신성과와의 관계에서도 기업간 다양한 협력협약을 체결하여 운영한 기업일수록 그렇지 않은 기업보다 혁신성과가 높으며, 기업간 제휴 네트워크의 다양성 또한 혁신성과를 향상시키는 요인으로 작용하였다(Faems et al., 2005; Baum et al., 2000). 따라서, 혁신기업들은 외부 협력파트너의 다양성을 강화하여 기관의 지식 획득·활용 범위를 확대하고, 이를 통해 내부의 부족한 문제 해결능력을 해소하고 있다(Cummings, 2004; Hulsheger et al., 2009).

반대로, 일부 기존연구에서는 외부와의 협력이 혁신성과를 일정수준까지 향상시킬 수는 있으나, 일정수준 이상에서는 오히려 혁신성과를 저해하는 요인으로 작용한다는 연구결과를 제시하고 있다. 구체적으로 살펴보면, 외부 협력을 통한 혁신성과는 외부의 혁신 아이디어와 역량의 활용 범위(scope or breath) 및 협력의 긴밀성(depth)과의 관계에서 역 U자형 관계를 보이며(Lauren & Salter, 2006), 외부 협력파트너와의 기술적 연관성 또한 혁신성과와 역 U자형 관계를 나타낸다는 연구결과를 도출한 바 있다(Petruzzelli, 2011).

결국, 외부의 혁신역량을 활용하는 개방성과 협력 네트워크의 다양성은 혁신활동 성과에 영향을 주는 중요한 지표이나, 지난친 외부의존은 내부 혁신 잠재력을 저해하기 때문에 기관의 특성에 부합하는 적절한 수준과 내외부 역량 활용의 균형을 유지하는 것이 필요하다(Park & Kang, 2013). 이와 관련하여 Witzeman et al.(2006)은 내부의 혁신역량은 새로운 기술혁신을 창출하고, 외부의 창의적 지식을 흡수할 수 있는 원동력으로 작용하기 때문에 외부의 의존성과 내부 역량의 자산이 균형을 이룰 때 효율적인 혁신성과를 창출할 수 있음을 주장하였다.

본 연구에서는 기존문헌의 연구결과를 바탕으로 혁신활동 성과에 영향을 미치는 다양한 요인 중 외부 개방성과 협력파트너의 다양성을 기준으로 우리나라 과학기술계 출연(연)의 지식창출 협력유형을 세부적으로 분석하고자 한다.

III. 방법론

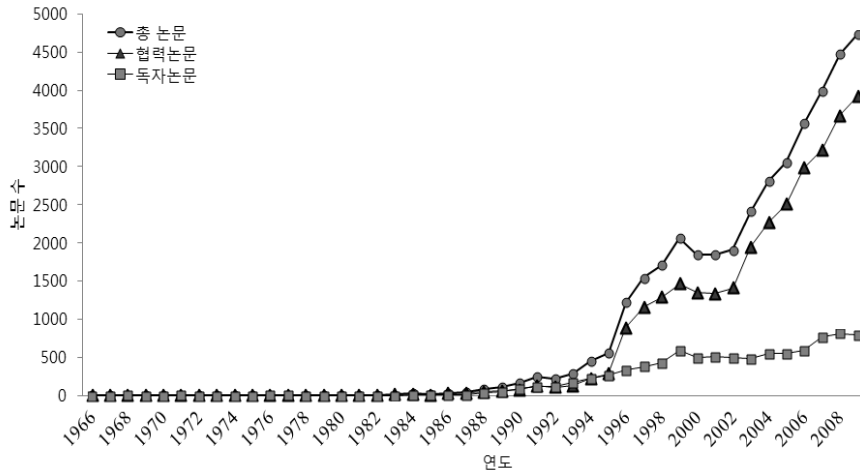
1. 데이터

출연(연) 지식창출의 성과물이면서 연구에 활용할 수 있는 객관적 자료로는 특허와 논문 등이 있다. 출연(연)과 외부조직간의 협력 관계를 분석하기 위해서는 협력파트너들의 정보가 중요하나 특허의 경우, 특허권자는 대부분 출연(연) 단독 명의로 되어 있고, 발명자는 개인정보로 제한되어 있어 기관간 협력 관계를 파악하는데 한계가 있으므로 논문 자료를 활용하였다.

출연(연)의 지식창출 협력 유형을 분류하기 위해, 본 연구에서는 26개 과학기술계 출연(연)¹⁾을 대상으로 SCOPUS DB에 수록된 article과 review 논문을 활용하였다. 분석 데이터는 1966년부터 2009년까지 44년간 출연(연) 소속 연구원이 저자로 포함된 39,507개 논문을 대상으로 하였다. 논문의 공저자를 협력활동 측정에 활용하는 연구는 일반화되어 있으며, 논문의 공저자 관계는 명확한 협력관계와 쉽고 적은 비용으로 확인이 가능하며, 정량적인 자료로 분석 가능하기 때문에 이 방법을 활용하고 있다(Katz & Martin, 1997; Subramanyam, 1983).

(그림 1)과 같이, 출연(연)이 생산한 논문은 PBS(Project Based System)가 도입된 1996년 이후부터 급격히 증가하였으며, 출연(연) 단독으로 생산한 논문보다 외부와의 협력을 통해 창출한 논문의 비율이 더 크게 증가해 왔다. <표 1>에서 정리한 바와 같이 출연(연)이 단독으로 창출한 논문과 협력을 통해 창출한 논문의 비율은 23:77이며, 세계 82개 국가, 4,146개 기관과 협력을 추진해 왔다. 출연(연)이 참여한 논문당 평균 저자수는 6.86명이며, 참여기관은 2.99개, 저자들의 소속국가는 1.84국가로 나타났다. <표 2>의 논문당 최대 공저자 수, 기관 수, 국가 수를 나타낸 논문은 review 논문에서 나타났다.

1) 2009년을 기준으로 과학기술(연), 기초과학지원(연), 핵융합(연), 수리과학(연), 천문(연), 생명(연), 과학기술정보(연), 한의학(연), 표준(연), 항공우주(연), 원자력(연), 해양(연), 극지(연), 생산기술(연), 전자통신(연), 보안(연), 건설(연), 철도(연), 식품(연), 지질자원(연), 기계(연), 재료(연), 예기(연), 전기(연), 화학(연), 안전성(연)을 대상으로 함



(그림 1) 출연(연) 논문 성장 추이(1966~2009)

〈표 1〉 기본 자료 (1966~2009)

구분	정량 수
출연(연)의 수	26
논문 수(A)	39,507
- 단독 논문 수 (a)	8,932
- 협력 논문 수 (b)	30,575
- 1저자 논문 수 (c) ¹	21,319
논문단위의 참여저자 수 합(B)	209,669
논문단위의 참여기관 수 합(C)	91,431
- 참여 기관 수	4,146
논문단위의 참여국가 수 합(D)	56,389
- 참여 국가 수	82
논문당 참여 저자 수 (B/A)	6.86
논문당 참여 기관 수 (C/A)	2.99
논문당 참여 국가 수 (D/A)	1.84

1. 단독 논문과 협력 논문 모두 포함

〈표 2〉 기본 자료 중 최대 값

구분	정량 수
논문당 최대	
- 공저자 수	1,025
- 기관 수	106
- 국가 수	25
참여 기관 중 최대 협력 수	3,310

2. 방법론적 틀

본 연구에서는 협력을 통한 지식창출시 다양한 영향요인이 존재하나, 외부 파트너의 역량을 활용하는 개방성과 협력 파트너의 다양성을 지표로 하여 출연(연)별 지식창출 경향을 분석하고

자 한다.

개방성 지표는 외부에 의존하는 수준을 측정하는 외부의존성(collaboration dependence)과 외부 협력시 지식창출을 주도하는 수준을 측정하는 협력주도성(leading intensity)으로 구분하였으며, 모든 논문을 대상으로 분석한다. 다양성은 협력 대상의 범위를 측정하는 협력다양성(collaboration diversity)과 협력대상에 대한 집중도를 측정하는 협력집중성(collaboration concentration)으로 구분하고, 2개 기관 이상이 참여하는 협력 논문을 대상으로 한다. 총 4개의 지표를 활용하고, 기관 레벨과 국가 레벨로 분석하였다.

1) 개방성

(1) 외부의존성

외부의존성(collaboration dependence)은 하나의 논문을 생성하는데, 분석대상 출연(연) 외에 얼마나 다양한 기관 혹은 국가가 협력에 참여하였는지를 나타내며, 공저자 소속의 기관 레벨, 국가 레벨에서의 대외 의존성을 말한다. 외부의존성은 식 (1)과 같이 Egghe(1991)가 제안한 협력계수(collaboration coefficient) 측정방식을 활용하였으며, 외부의존성 측정시 논문 단위의 참여 외부기관 수 및 해외 협력국가의 수는 whole counting(Gauffriau et al., 2005; Huang & Lin, 2011; Larsen, 2008) 방식을 적용하였다.

$$\text{외부기관(해외국가) 의존성} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum_{p=1}^q \frac{1}{p} f_p}{N} \right) \quad (1)$$

where, f_p : 전체 논문 중 p개 기관(국가)이 참여한 논문의 수

q : 논문 중 가장 많은 공저자 소속기관(국가)의 수

N : 총 논문 수

n : 전체 논문의 저자 소속기관(국가)의 수(중복 제외)

외부기관 혹은 해외국가 의존성 지표의 측정치가 0이면, 출연(연)의 지식창출이 독자적 연구 혹은 국내기관과의 협력으로 이루어진다는 의미이며, 측정치가 1에 근접하면 저자 수와 동일한 수의 외부기관 혹은 해외국가와의 협력을 통해 지식을 창출한다는 의미이다.

(2) 협력주도성

협력주도성(leading intensity)은 지식창출시 출연(연) 주도하에 연구를 진행하는지, 아니면

연구참여자로서 활동하였는지를 판단하기 위한 지표이다. 협력주도성은 Straight Counting Method(Larsen, 2008; Gauffriau et al., 2007) 방식을 적용하여 1저자(first author) 논문의 비율을 측정한다.

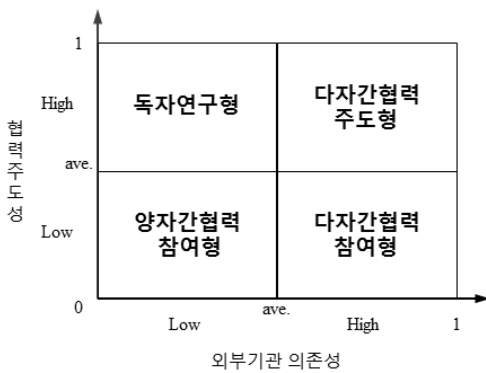
$$\text{협력주도성} = \frac{k}{N} \quad \text{where, } k : \text{1저자 논문 수} \quad (2)$$

$$N : \text{총 논문 수}$$

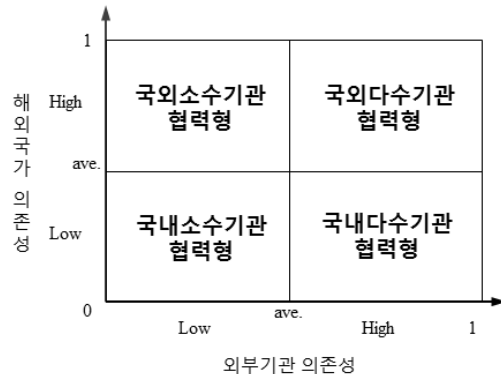
(3) 외부의존성과 협력주도성 간의 관계 분류모형

외부의존성과 협력주도성 지표를 활용하고 지표별 출연(연)의 평균을 기준으로 해당 영역별 특성을 나타내었다. (그림 2)는 외부기관 의존성과 협력주도성을 활용해 외부기관 의존이 낮은 독자연구형과 외부기관 의존성과 협력주도성이 평균보다 낮은, 다시 말해 2개의 기관이 협력하여 지식을 창출하나 출연(연)이 참여하는 형태의 양자간협력참여형으로 구분하였다. 외부기관 의존성이 높고 협력주도성 정도가 높고 낮음에 따라 다자간협력주도형과 다자간협력참여형 등 4가지 유형으로 분류하였다.

(그림 3)은 외부기관 의존성에 따라 소수기관, 다수기관으로 분류하고 해외 파트너 의존 비율에 따라 국내협력, 국외협력으로 분류하는 등 4가지 유형으로 분류하였다.



(그림 2) 외부기관 의존성과 협력주도성 간의 관계 분류모형



(그림 3) 외부기관 의존성과 해외국가 의존성 간의 관계 분류모형

2) 다양성

(1) 협력다양성

협력다양성(collaboration diversity)은 2개 기관 이상이 참여하는 협력논문 생산시, 공저자

수 대비 얼마나 많은 협력기관 혹은 국가들이 참여하였는지를 측정함으로써 출연(연)의 타 기관과의 협력 수준을 측정할 수 있다. 식 (3)과 같이, 협력다양성은 1에 가까울수록 지식창출시 저자 수와 동일한 기관 수가 참여함을 나타내며, 0에 가까울수록 출연(연) 혹은 협력파트너 조직(기관/국가) 내의 협력이 높음을 나타낸다.

$$\text{협력기관(국가) 다양성} = \frac{\sum_{i=1}^M \frac{I_i}{A_i}}{M} \quad (3)$$

where, I_i : i^{th} 논문의 공저자 소속기관(국가)의 수

A_i : i^{th} 논문의 공저자 수

M : 공저자 논문 수

(2) 협력집중성

협력집중성(collaboration concentration)은 Porter et al.,(2007)가 저널의 전문성을 측정하기 위해 적용한 바 있는 표준화된 허핀달-허쉬만 지수(Herfindal-Hirshman Index, HHI)²⁾를 활용한다. 허핀달-허쉬만 지수는 시장의 독점 및 경쟁 상황을 측정하는 방식으로, 본 연구에서는 협력파트너(기관/국가)간의 협력 빈도를 활용해 출연(연)과 협력파트너간의 협력관계가 특정 협력파트너에 집중되고 있는지, 아니면 협력파트너와 균형적인 협력이 이루어지고 있는지를 측정한다. 협력집중성은 식 (4)와 같이 1에 가까이 갈수록 특정 협력파트너에 협력이 집중(독점)됨을 나타내며, 0에 가까이 갈수록 협력파트너간 균형있는 협력을 이루고 있음을 나타낸다.

$$\text{협력(기관, 국가) 집중성} = \frac{H - \frac{1}{n}}{1 - \frac{1}{n}}, \text{ where } H = \frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{(\sum_{j=1}^n x_j)^2} \quad (4)$$

where, x_j : j 기관과 협력한 회수(j 기관이 포함된 논문 수)

n : 전체 논문에 참여한 공저자 소속기관(국가)의 수(중복 제외)

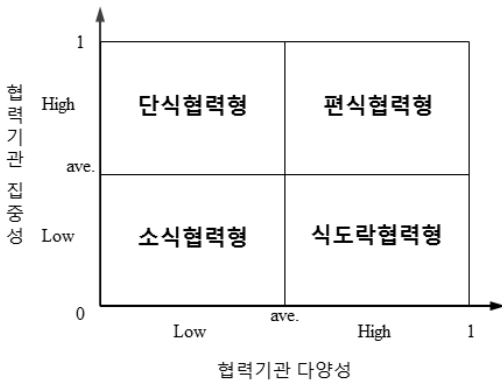
2) $HHI \leq 0.01$: 매우 경쟁적인 시장, $0.01 \leq HHI \leq 0.1$: 경쟁적인 시장, $0.1 < HHI \leq 0.18$: 다소 독과점 시장, $0.18 \leq HHI$: 고도의 독과점 시장

(3) 협력다양성과 협력집중성 간의 관계 분류모형

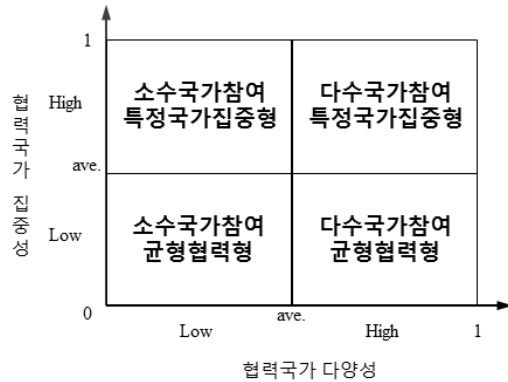
협력다양성과 협력집중성 지표를 활용하고, 지표별 출연(연)의 평균을 기준으로 해당 영역별 특성을 나타내었다.

(그림 4)는 기관 레벨에서 협력다양성과 협력집중성의 특성을 반영하여 지식창출 협력 유형을 식도락협력형, 소식협력형, 편식협력형, 단식협력형 등 4가지 유형으로 모형화하였다. 다양한 협력기관과 균형있는 협력으로 지식을 창출하는 기관은 식도락협력형 유형으로 분류된다.

(그림 5)는 국가 레벨에서 협력다양성과 협력집중성의 특성을 고려하여 다수국가참여 균형협력형, 다수국가참여 특정국가집중형, 소수국가참여 균형협력형, 소수국가참여 특정국가집중형 등 4가지 유형으로 분류하였다.



(그림 4) 협력기관의 다양성과 집중성 간의 관계 분류모형



(그림 5) 협력국가의 다양성과 집중성 간의 관계 분류모형

IV. 분석결과 및 토론

1. 개방성 분석결과

외부기관 의존성과 협력주도성 지표를 기준으로 볼 때, 출연(연)의 평균 외부기관 의존성은 0.46, 협력주도성은 0.54로 나타났다. 다시말해 1편의 논문 창출시 외부기관 역량을 0.46 정도를 활용하고, 협력 논문 100건 중 54건은 출연(연) 소속연구원이 논문의 1저자로서 역할을 담당하는 것으로 나타났다.

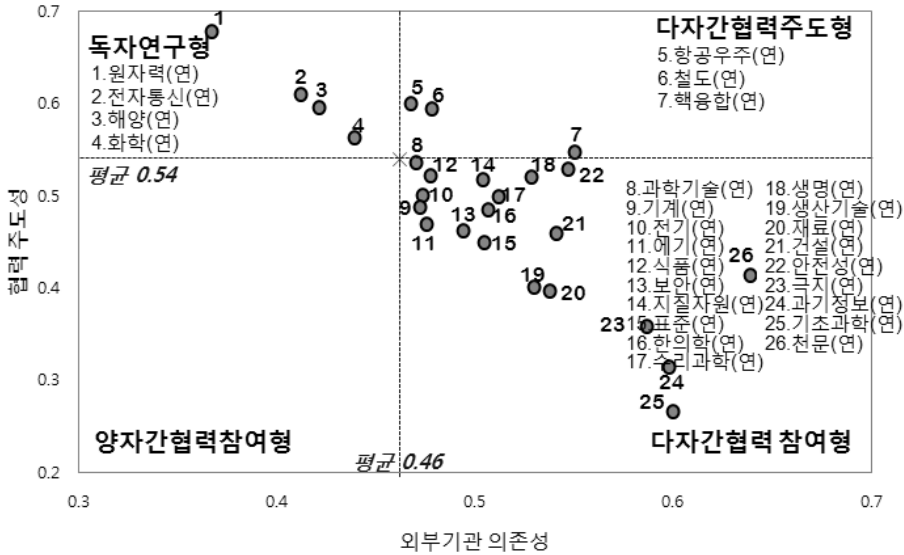
(그림 6)과 같이 다자간협력주도형 기관은 시스템 연구를 수행하는 항공우주(연), 철도(연), 핵융합(연)으로 전체 시스템 분야를 주도하되 외부기관과의 협력을 통해 관련 지식을 개발하는 형태를 보였다. 출연(연) 독자연구형 기관은 원자력(연), 전자통신(연), 해양(연), 화학(연)으로 나타났다. 원자력(연) 및 전자통신(연)은 출연(연) 중 최대 규모의 기관에 해당하며, 일반적으로 세계적 수준의 경쟁력을 확보한 연구기관으로 평가하고 있는 기관이다. 양자간협력참여형은 신지식 창출시 출연(연)과 외부기관, 단 2개 기관간의 협력을 통해 지식을 창출하면서 출연(연)은 공저자 형태로 참여하는 협력을 말한다. 동 분류에 해당하는 출연(연)은 없었으며, 대부분 다수의 기관과 협력하는 유형을 보였다. 대부분의 출연(연)은 다자간협력참여형 분야로 분류되었다. 출연(연)이 신지식 창출시 다수의 외부기관과 협력을 수행하나, 주도보다는 참여 형태를 많이 보이고 있다.

지난 44년간 출연(연)의 성장과정에서 국내외 외부기관의 역량을 활용한 것으로 해석되나, 외부기관으로부터의 역량 의존성이 높을수록 출연(연) 자체의 지식창출 역량을 저해할 우려가 존재한다. 특히 기술의 복잡성이 증가할 때는 외부조직과 협력 증가가 효과적이지 못할 수 있다는 주장(Kavadias & Sommer, 2009)을 고려해 볼 때 미래원천기술 및 융합기술 개발을 주요임무로 하는 출연(연)으로서는 신지식 창출을 주도하면서 일부 외부조직의 역량을 활용하는 방향으로 전환되는 것이 바람직해 보인다.

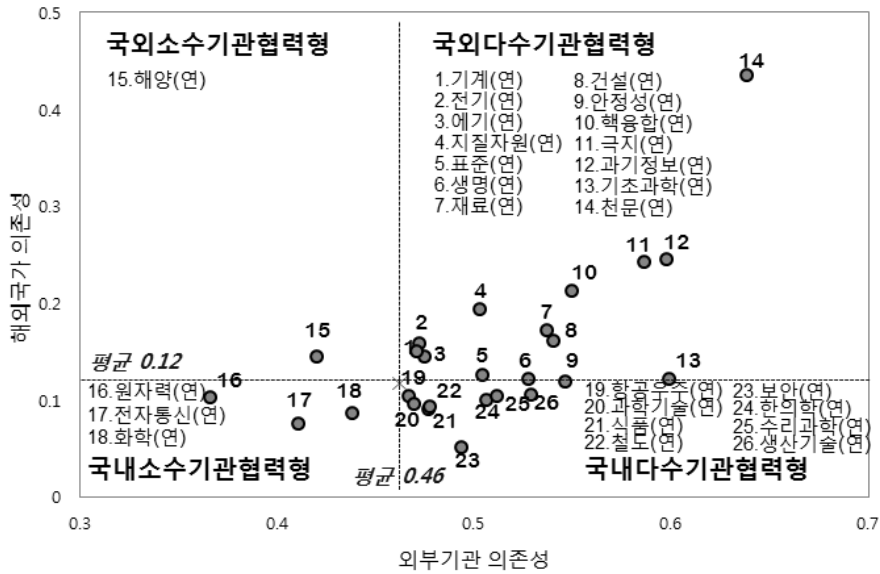
(그림 7)에서는 출연(연)의 외부역량 활용시 국내 기관과 협력하는 유형과 외국의 기관과 협력하는 유형으로 분류하였다. 국내협력 유형으로는 원자력(연), 항공우주(연) 등 국제간 기술 이전 및 협력이 제한되는 특성을 지닌 대형연구기관, 전자통신(연)과 같이 ICT분야에서 세계적인 수준의 기술을 확보하고 있는 기관, 한의학(연), 식품(연), 보안(연) 등 우리나라 고유의 특성을 기반으로 연구를 수행하는 기관 등이 해당되었다. 반면, 외국기관과의 협력이 상대적으로 높은 기관은 기계(연), 전기(연), 에너지(연), 건설(연) 등 1970~1990년대 국가 산업발전을 위한 기술개발 및 지원을 주도하면서, G7 등 대형국가연구개발 사업에 참여하여 해외기관과 개방적 협력을 추진해 온 기관과 표준(연), 생명(연), 재료(연), 천문(연), 기초과학(연), 과학기술정보(연) 등 기초기술 성격의 R&D를 수행하는 기관, 그리고 2000년대 이후에 설립된 신생기관이 해당된다. 이는 1990년대 이후, 정부가 추진해 온 국제협력 정책이 영향을 준 것으로 해석된다(Kwon et al., 2012).

연구분야별 특성에 따른 차이는 있지만, 출연(연) 설립 이후 40년 이상 동안 평균적으로 1편의 논문에 해외국가가 포함되는 비율은 12%, 국내 기관이 포함되는 비율은 88%에 이를 만큼 출연(연)의 지식창출 활동은 국내 연구수행 주체들에 의해 이루어져 왔다. 출연(연)은 국내 연구수행 주체들과의 협력으로 국내의 내생적 성장을 견인하는 부분도 필요하나, 첨단 선도기술

과 지식을 창출해야 하는 시점에서 국내 외부기관의 역량 뿐만 아니라 국외 기관의 역량을 균형있게 활용하는 전략이 필요할 것으로 보인다.



(그림 6) 지식창출시 외부기관 의존성과 협력주도성에 대한 출연(연)별 포지션



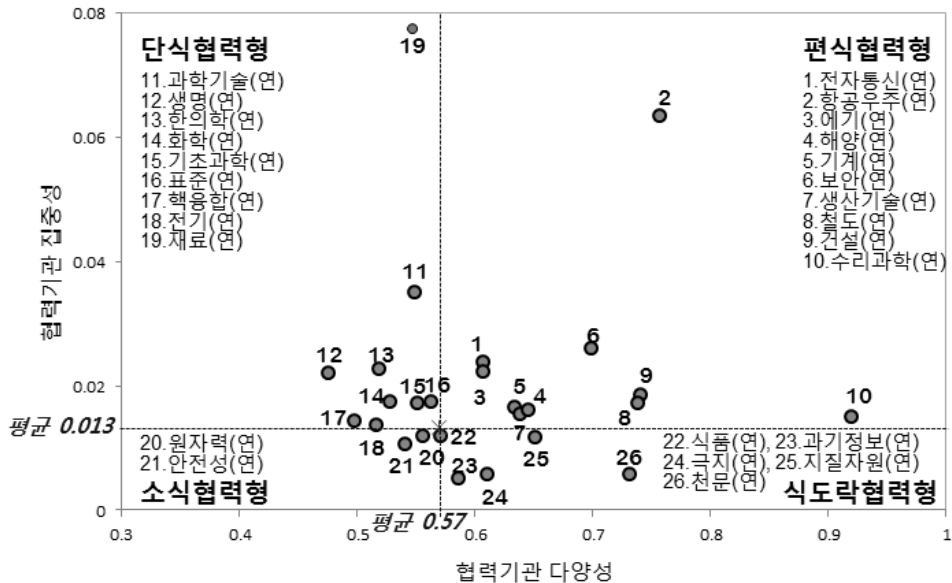
(그림 7) 지식창출시 외부기관 의존성과 해외국가 의존성에 대한 출연(연)별 포지션

2. 다양성 분석결과

협력기관의 다양성과 집중성 지표를 살펴보면, 협력기관 다양성은 평균 0.57로 외부기관과 협력하여 창출하는 출연(연)의 논문에는 평균적으로 공저자 수의 0.57배의 협력기관이 참여하는 것으로 분석되었다. 예를 들면, 6명의 공저자 논문의 경우 3.4개 기관이 평균적으로 참여하는 것으로 분석되었다. 협력기관 집중성은 0.014로 허핀달-허쉬만 지수 기준으로 볼 때, 협력기관이 집중되지 않는 것으로 나타났다. 출연(연)별로 연구영역이 상이함에 따라 협력기관도 차별화됨으로써 나타나는 현상이라 해석된다.

(그림 8)과 같이 출연(연) 전체 평균을 기준으로 볼 때, 천문(연), 지질자원(연) 등은 다양한 협력기관과 균형있게 협력을 진행하는 식도락협력형에 해당되며, 원자력(연) 및 안전성(연)은 협력기관의 수는 적으나 외부기관과 균형있게 협력하는 소식협력형에 속한다. 항공우주(연), 전자통신(연) 등은 협력기관의 수는 많으나 소수기관에 집중되어 협력하는 편식협력형 유형에 속하며, 과학기술(연), 재료(연) 등은 적은 수의 기관과 협력하면서 특정 소수의 기관에 집중하는 단식협력형 유형으로 분류되었다.

해당 출연(연)별 연구특성과 출연(연)의 성장단계에 따라 협력기관의 수와 협력 대상의 집중 경향이 차별성을 보일 것으로 사료되나, 일반적으로 외부 역량 활용 비용 및 협력의 고착화



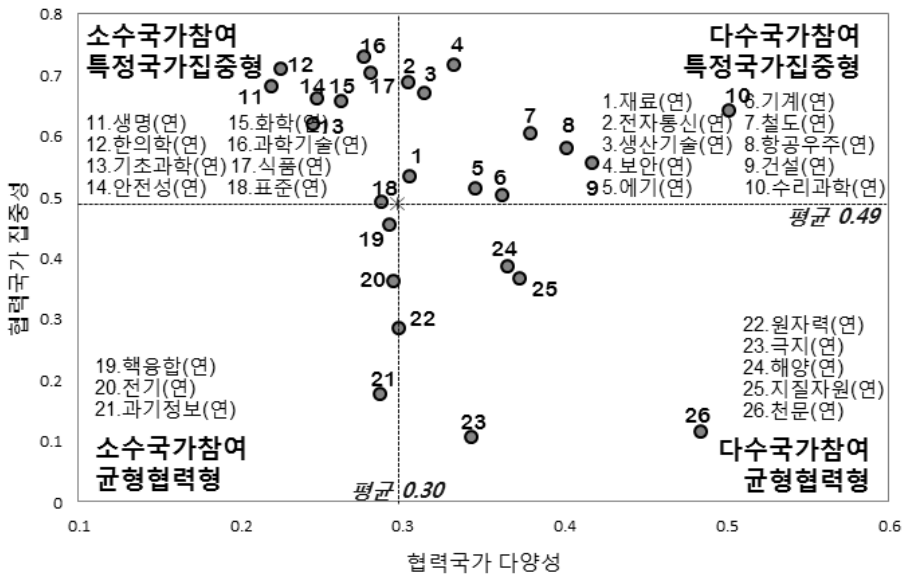
주 : 19.재료(연)은 협력기관 다양성(0.555), 협력기관 집중성(0.257)

(그림 8) 지식창출시 협력파트너 다양성과 협력파트너 집중성에 대한 출연(연)별 포지션

현상(lock-in) 등을 피하기 위해서는 출연(연)별 특성에 맞는 적정 수준의 협력기관 다양성과 협력활동의 균형성을 확보할 필요성이 있다.

(그림 9)는 국가 레벨로 다양성과 집중성을 기준으로 분류한 것으로, 협력국가 다양성 측면에서는 평균 0.30으로 논문 1편의 공저자가 10명일 경우 3개 국가가 협력에 참여하고 있는 것으로 나타났다. 협력국가 집중성 측면에서는 평균 0.49로 허핀달-허쉬만 지수 기준으로 볼 때 출연(연)의 협력국가는 특정 국가에 매우 집중되어 있는 것으로 분석되었다. 출연(연) 평균을 기준으로 구분해 볼 때, 항공우주(연), 건설(연) 등은 협력국가는 많으나 특정 국가에 집중되는 다수국가집중협력형 유형에 속하며, 천문(연), 지질자원(연) 등은 다수국가와 균형적으로 협력하는 다수국가참여 균형협력형 유형으로 분류되었다. 생명(연), 한의학(연) 등은 적은 수의 협력국가 범위에서 특정 국가와 협력을 집중하는 소수국가참여 특정국가집중형 유형으로 분류되었으며, 과기정보(연) 및 전기(연) 등은 상대적으로 적은 수의 협력국가와 균형있게 협력하는 소수국가참여 균형협력형으로 분류되었다.

연구분야별 특성에 따라 출연(연)별 협력 유형은 차이를 보이나, 출연(연)이 경쟁력을 확보해 나가는 전략 중 하나로 외부기관과의 협력을 전략적으로 추진해 나가야 할 것이다. 지난 40년 이상 외부기관과의 협력을 추진해 오면서 출연(연)의 역량이 향상되었고, 이에 따른 협력파트너의 역량 검증 등으로 출연(연)은 일정한 전략적 협력파트너에 한하여 협력을 집중했을 것으로 예상된다. 출연(연)의 효율적인 연구역량 축적을 위해서는 일정한 범위 내에서 협력파트너

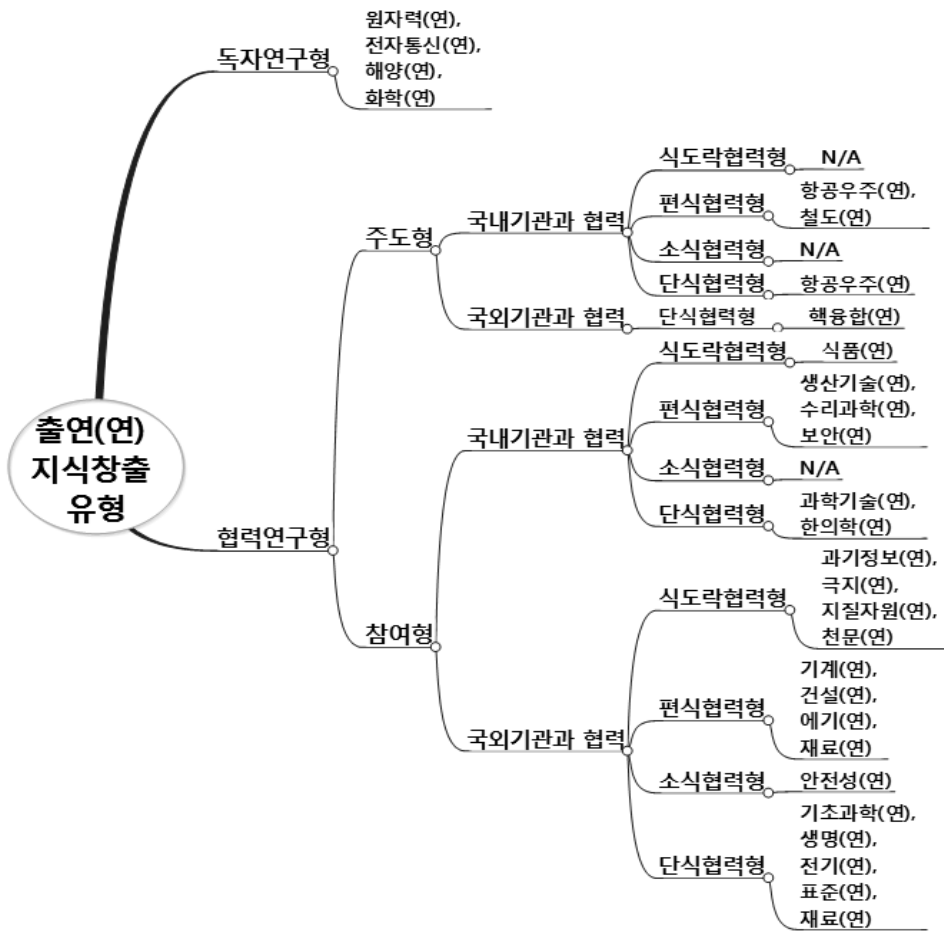


(그림 9) 지식창출시 협력국가 다양성과 협력국가 집중성에 대한 출연(연)별 포지션

와의 지속적인 협력이 필요하나, 한편으로는 특정국가, 특정파트너와의 장기적인 협력은 오히려 내부역량 육성 효과를 저해할 수 있다(Lauren & Salter, 2006). 따라서 출연(연)의 통상적 협력국가인 미국, 일본의 협력파트너에 집중하기보다는 국가 및 협력파트너의 대상을 일정한 범위 내에서 다양화하고 이들간 균형적인 협력 추진이 필요할 것으로 보인다.

3. 출연연구기관의 유형 분석

지금까지 출연(연)의 협력 유형을 개방성과 다양성 기준으로 4가지 유형별로 분류하였으며, 이를 종합하여 출연(연)의 지식창출 협력유형을 (그림 10)과 같이 분류하였다. 독자연구형 기관



(그림 10) 지식창출을 위한 협력 방식에 따른 출연(연)의 협력유형 분류

은 4개 기관으로 나타났고, 나머지 22개의 기관은 협력연구형 기관으로 나타났다. 독자연구형 기관은 앞에서 분석한 바와 같이 원자력(연), 전자통신(연), 해양(연), 화학(연)으로 나타났다. 출연(연)의 지식창출 활동시 협력을 주도하는 출연(연)보다 외부 협력기관을 지원·참여하는 출연(연)의 비율이 높게 나타났다.

협력을 주도하는 유형으로 분류되는 항공우주(연), 철도(연)은 국내기관과, 그리고 핵융합(연)은 외국과 협력을 주도하는 기관으로 분류되었다. 협력 참여형 분류에서는 국내 기관과의 협력 참여형보다 국외 기관과의 협력 참여형 출연(연)이 다수 분류되고 있다. 출연(연)의 기관별 지식창출 협력유형을 바탕으로 보다 경쟁력 있는 지식창출과 기관 성장을 위해서는, 출연(연)은 지식창출 시 협력 참여형 유형에서 협력 주도형 유형으로의 점진적 전환이 필요하며, 국내외 외부 연구조직과의 협력에서도 출연(연)이 지식창출을 주도하는 형태로 협력 패러다임을 전환해 나가는 전략이 필요하다.

또한 출연(연) 협력유형은 해당 연구분야의 특성에 따라 차별성을 보일 수 있으나, 편식협력형과 단식협력형의 경우 협력의 경로의존성이 강해지고 외부 기관의 역량 활용 루트가 고착화(lock-in) 되어 오히려 협력성고가 감소될 우려가 있다. 이런 부분을 감안할 때, 출연(연)이 외부 기관의 역량을 보다 효율적으로 활용하기 위해서는 식도락협력형, 소식협력형으로 전환하거나, 세계적인 기술을 기반으로 연구생산성을 갖춘 독자연구형으로 성장해 나가야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 지식창출을 위한 협력 형태를 개방성과 다양성을 기준으로 4가지 분류모형을 제시하고, 26개 과학기술계 출연(연)을 유형별로 분류하였다. 협력의 유형은 출연(연)별 연구분야 특성에 영향을 받기도 하겠지만, 일반적으로 조직레벨의 개방성 측면에서는 다수 외부기관과의 협력에 참여하는 다자간협력참여형 유형으로, 국가레벨에의 개방성 측면에서는 국외다수기관 협력형으로 많은 출연(연)이 분류되었다. 조직레벨의 다양성 측면에서는 소수 혹은 특정기관에 집중되는 편식협력형 혹은 단식협력형 유형으로, 국가 레벨의 다양성 측면에서는 다수국가참여 특정국가집중형 혹은 소수국가참여 특정국가집중형에 많은 출연(연)이 분류되었다.

출연(연)의 개방형 협력 전략은 출연(연)별 보유역량과 성장단계에 따라 차별성을 갖춰야 한다. 현재 기관 내부에서 독자적으로 지식을 창출하는 성향을 보이는 전자통신(연)은 IT 분야에서 국내외 경쟁력을 갖춘 연구기관으로 해외와의 협력보다는 오히려 국내 관련 기관 및 대학

을 선도해 나가는 전략을 추구하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 또한, 원자력(연) 등 경쟁력을 갖춘 기술과 대형인프라를 보유한 기관도 국내 관련 연구주체들을 선도하고, 내부적으로는 독자적인 연구를 통해 고유한 기술을 축적해 나가는 전략이 필요할 것으로 보인다.

출연(연)의 모태 역할을 해 온 KIST는 설립 이후 국내외 연구기관과의 협력을 통해 성장해 왔고 현재 지식창출시 협력참여형 유형을 보이고 있으나, KIST의 위상 등을 고려해 볼 때 협력주도형 혹은 독자연구형 방향으로 성장을 전환하는 전략을 모색해 볼 필요가 있다. 특히 표준(연), 생명(연), 기초과학지원(연) 등 기초분야의 출연(연)은 소수의 외부기관에 협력이 집중되고 있으나, 기초분야의 역량을 보유한 협력가능한 파트너를 지속적으로 확대하면서 외부기관과의 협력 균형성을 높여 나갈 필요가 있다. 또한 산업 및 시스템적 성격의 연구를 수행하는 항공우주(연), 철도(연), 핵융합(연)은 명확한 연구영역을 목표로 하고 있어 외부기관의 협력을 주도해 나가는 반면, 기계(연), 전기(연), 에기(연) 등은 핵심요소기술 중심의 연구로 협력에 참여하는 경향이 있다. 연구의 대상을 대형시스템으로 전환하여 독자적 연구 혹은 협력을 주도하는 형태의 방안을 모색해 볼 필요가 있다.

최근 정부에서는 출연(연)의 기능 스펙트럼을 기초연구에서 산업화, 중소기업지원에 이르기까지 확대하면서 기관별 임무를 기초·미래선도형, 공공·인프라형, 실용화형, 연구·교육형, 정책연구·지원형 등 5가지 영역으로 구분하고, 기관 성장 방향에 따라 임무의 포트폴리오를 자발적으로 설정하도록 하고 있다. 이는, 출연(연)이 원천기술을 확보하여 산업경제 발전에 기여할 수 있도록 기관의 특성에 맞는 연구포트폴리오를 수립하고 성과를 창출하는데 목적이 있다. 따라서 출연(연)별 연구영역 및 성장단계 등에 따라 차이는 있겠으나, 세계적으로 경쟁력 있는 지식창출 연구기관으로 성장하기 위해서는 그동안 축적해 온 자체 연구역량을 기반으로 독자연구형 혹은 외부조직과의 협력시 연구를 주도하는 협력주도형 형태로 전환해 나가야 하며, 이를 통해 그동안의 추격형 연구개발 체제에서 선도형 연구개발 체제로 변화해 나갈 수 있을 것이다.

본 연구는 지난 44년간(1966~2009) 출연(연)의 협력 유형을 시계열적 추이를 반영하지 않고 분석함으로써 출연(연)별 시간 흐름에 따른 협력 유형의 변화를 파악하는 데에는 한계가 존재한다. 또한 출연(연)별 연구분야와 연구특성을 충분히 감안해야 하나, 동일한 기준의 정량적 분석으로 출연(연)별 연구특성을 정량적으로 반영하지 못한 부분이 있다. 추후, 출연(연)의 성장단계에 따른 횡단면적 분석(cross-sectional analysis) 연구 및 출연(연) 기관단위의 협력유형 분석을 통해, 출연(연)의 성장에 따른 협력유형의 패턴 변화와 출연(연) 연구특성에 따른 협력유형의 변화 등을 파악할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구를 확장하여 출연(연) 협력유형별 진화분석 연구와 향후 협력방향 설정을 위한 선진 해외 연구기관과의 협력유형 비교 분석 연구, 지식창출과 지식이전간의 인과관계 분석연구 등 후속 연구로 진행된다면, 출연(연)의 발전에 기여하는 바가 큰 연구가 될 것으로 보인다.

참고문헌

- 과기분야 출연(연) 발전전략 TF (2013), 「창조경제 실현을 위한 출연(연) 발전전략 보고서」. 국가과학기술심의회 (2013), “출연(연) 개방형 협력 생태계 조성을 위한 과학기술분야 연구회 기능 재정립 방향(안)”, 제4회 안건.
- 김명순·유제훈·고재상·이영덕 (2000), “국가출연연구기관의 지식자산 모델”, 「기술혁신연구」, 8(1): 197-216.
- 김성홍 (2007), 「개방형 기술혁신을 위한 산업법 혁신 네트워크 구축전략 수립」, 서울: 과학기술정책연구원.
- 미래창조과학부 (2013), “과학기술과 ICT를 통한 창조경제와 국민행복 실현”, 2013년도 업무보고.
- 성지은 (2002), “탈추격 혁신을 위한 출연(연)의 구조적 한계와 과제: ETRI를 중심으로”, 「기술혁신연구」, 20(2): 1-28.
- 이달환 (1996), 「이공계 출연(연)의 역할 및 운영개선 방안」, 서울: 과학기술정책관리연구소.
- Baum, J. A. C., Calabrese, T. and Silverman, B. S. (2000), “Don't Go It Alone: Alliance Network Composition and Startups' Performance in Canadian Biotechnology”, *Strategic Management Journal*, 21(3): 267-294.
- Chesbrough, H. and Appleyard, M. M. (2007), “Open Innovation and Strategy”, *California Management Review*, 50(1): 57-76.
- Cronin, B., Shaw, D. and Barre, K. L. (2004), “Visible, Less Visible, and Invisible Work: Patterns of Collaboration in 20th Century Chemistry”, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 55(2): 160-168.
- Cummings, J. N. (2004), “Work Groups, Structural Diversity, and Knowledge Sharing in a Global Organization”, *Management Science*, 50(3): 352-364.
- Egghe, L. (1991), “Theory of Collaboration and Collaborative Measures”, *Information Processing & Management*, 27(2/3): 177-202.
- Faems, D., Looy, B. V. and Debackere, K. (2005), “Interorganizational Collaboration and Innovation : Toward a Portfolio Approach”, *Journal of Product Innovation Management*, 22(3): 238-250.
- Gauffriau, M. and Larsen, P. O. (2005), “Counting Methods Are Decisive for Rankings Based on Publication and Citation Studies”, *Scientometrics*, 64(1): 85-93.
- Hagedoorn, J. (1993), “Understanding the Rationale of Strategic Technology Partnering:

- Nterorganizational Models of Cooperation and Sectoral Differences”, *Strategic Management Journal*, 14(5): 371-385.
- Hagedoorn, J., Roijakkers, N. and Van Kranenburg, H. (2006), “Inter-Firm R&D Networks: The Importance of Strategic Network Capabilities for High-Tech Partnership Formation”, *British Journal of Management*, 17(1): 39-53.
- Huang, M., Lin, C. and Chen, D. (2011), “Counting Methods, Country Rank Changes, and Counting Inflation in the Assessment of National Research Productivity and Impact”, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(12): 2427-2436.
- Hulsheger, U. R., Anderson, N. and Salgado, J. F. (2009), “Team-level Predictors of Innovation at Work; A Comprehensive Meta-analysis Spanning Three Decades of Research”, *Journal of Applied Psychology*, 94(5): 1128-1145.
- Kavadias, S. and Sommer, S. C. (2009), “The Effects of Problem Structure and Team Diversity on Brainstorming Effectiveness”, *Management Science*, 55(12): 1899-1913.
- Katz, J. S. and Hicks D. (1997), “How Much Is a Collaboration Worth? A Calibrated Bibliometric Model”, *Scientometrics*, 40(3): 541-554.
- Klomp, L. and Van Leeuwen, G. (2001), “Linking Innovation and Firm Performance: A New Approach”, *International Journal of the Economics of Business*, 8(3): 343-364.
- Kwon, K., Park, H. W., So, M. and Leydesdorff, L. (2012), “Has Globalization Strengthened South Korea’s National Research System? National and International Dynamics of the Triple Helix of Scientific Co-authorship Relationships in South Korea”, *Scientometrics*, 90(1): 163-176.
- Larsen, P. O. (2008), “The State of the Art in Publication Counting”, *Scientometrics*, 77(2): 235-251.
- Lauren, K. and Sater, A. (2006), “Open for Innovation: The Role of Openness in Explaining Innovation Performance among U.K. Manufacturing Firms”, *Strategic Management Journal*, 27(2): 131-150.
- Love, J. and Roper, S. (1999), “The Determinants of Innovation: R&D, Technology Transfer and Networking Effects”, *Review of Industrial Organization*, 15(1): 43-64.
- Liu, H., Chang, B. and Chen, K. (2012), “Collaboration Patterns of Taiwanese Scientific Publications in Various Research Areas”, *Scientometrics*, 92(1): 145-155.

- Moody, J. (2004), "The Structure of Social Science Collaboration Network: Disciplinary Cohesion from 1963 to 1999", *American Sociological Review*, 69(2): 213-238.
- Park, G. and Kang, J. (2013), "Alliance Addiction: Do Alliances Create Real Benefits?", *Creativity and Innovation Management*, 22(1): 53-66.
- Petruzzelli, A. M. (2011), "The Impact of Technological Relatedness, Prior Ties, and Geographical Distance on University-industry Collaborations: A Joint-patent Analysis", *Technovation*, 31(7): 355-379.
- Porter, A. L., Cohen, A. S., Roessner, D. and Petteault, M. (2007) "Measuring Researcher Interdisciplinarity", *Scientometrics*, 72(1): 117-147.
- Subramanyam, K. (1983), "Bibliometric Studies of Research Collaboration: A Review", *Journal of Information Science*, 6(1): 33-38.
- Teodorescu, D. and Andrei, T. (2011), "The Growth of International Collaboration in East European Scholarly Communities: A Bibliometric Analysis of Journal Articles Published between 1989 and 2009", *Scientometrics*, 89(2): 711-722.
- Witzeman, S., Slowinski, G., Dirkx, R., Gollob, L., Tao, J., Ward S. and Miraglia S. (2006), "Harnessing External Technology for Innovation", *Research Technology Management*, 49(3): 19-27.

박주형

현재 한국기계연구원 책임연구원으로 재직 중이며, 성균관대학교 기술경영학과 박사과정을 수료하였다. 관심분야는 협력네트워크, 개방형 혁신, 기술전략 등이다.

이희상

미국 Georgia Institute of Technology에서 산업시스템공학으로 박사학위를 취득하고, 현재 성균관대학교 기술경영학과 교수로 재직 중이다. 관심분야로는 기술전략, 개방형 혁신, 경영과학 등이다.