

과학기술분야 국제협력 증진을 위한 아시아 국가 간 공동연구 현황 분석*

A Study on Research Collaboration Among Asian Countries in Science and Technology

김원진(Won-Jin Kim)**

정영미(Young-Mee Chung)***

초 록

과학기술분야 국제협력은 국가 경쟁력 확보를 위해서 필수적이다. 한국은 과학기술의 인적·물적 자원의 한계를 극복하고자 연구의 국제화를 추진하고 있으며 최근 아시아 국가와 연구협력에서 높은 성장률을 보여주었다. 본 연구에서는 네트워크 분석을 이용하여 한국과의 공동연구가 크게 증가한 아시아 국가 간 공동연구 현황을 공저논문 수와 주제범주로 구분하여 실증적으로 파악하였다. 최근 5년간 아시아 국가 간 공저논문 수 기반 네트워크를 살펴보면, 일본, 중국, 한국 등 동북아시아 국가들이 네트워크 중심부에 있었으며 국가 상호 간 공동연구가 활발하게 이루어졌다. 또한 아시아 지역별로 공동연구의 주제범주를 분석한 결과, 동북아시아 지역은 기초과학 분야에서, 남부아시아, 동남아시아, 서남아시아 지역은 의학 분야에서 공동연구가 활발하게 이루어진 것으로 나타났다.

ABSTRACT

Recently, research community in Korea has shown a rapid growth in collaborating with Asian countries. In this study, we analyzed research collaboration among Asian countries using network analysis of co-authored papers as well as subject categories. The network of co-authored papers among Asian countries over the 5-year period since 2005 revealed that Japan, China, and Korea were positioned at the central part of the network and highly productive in collaborative research. In the analysis of the subject categories of co-authored papers in four different Asian regions with 2009 data, physics and material science were found the most productive subject fields in collaborative research in Northeast Asia. On the other hand, medical science was the most collaborative subject field in the remaining Asian regions.

키워드: 국제협력, 공동연구, 사회연결망, 연결정도 중심성, 최근접 중심성
scientific collaboration, international collaboration, social network analysis,
degree centrality, nearest neighbor centrality

* 이 연구는 박사학위논문의 일부를 요약·정리한 것임.

** 연세대학교 문헌정보학과 대학원(wonk2005@yonsei.ac.kr) (제1저자)

*** 연세대학교 문헌정보학과 교수(ymchung@yonsei.ac.kr) (교신저자)

- 논문접수일자: 2010년 8월 13일 ■ 최초심사일자: 2010년 8월 13일 ■ 게재확정일자: 2010년 8월 26일
- 정보관리학회지, 27(3): 103-123, 2010. [DOI:10.3743/KOSIM.2010.27.3.103]

1. 서론

과학기술분야의 국제적 협력은 국내외 학자 간 공동연구, 공동 세미나, 주요 연구 동향 파악 및 연구정보 수집의 기회와 교류의 장을 제공함으로써 국내 연구수준 제고와 국제 연구 네트워크 발전에 이바지하고 국제학술교류를 활성화한다(Katz and Martin 1997; Geroghiou 1998; Ahuja 2000; Archibugi and Pietrobelli 2003; Turpin 2004). 논문 성과로 본 국제협력 현황을 살펴보면 전 세계적으로 전체 공저논문 비율과 자국 내 및 국가 간 공저논문 비율은 지속적으로 증가하고 있다(Science and Engineering Indicators 2010). 즉, 과학기술분야 전체 공저논문 비율은 1988년 40%에서 2008년 64%로 지속적으로 증가하였는데, 자국 내 공저논문 비율은 1988년 32%에서 2008년 42%로, 국가 간 공저논문 비율은 1988년 8%에서 2008년 22%로 증가한 것으로 나타났다.

양창훈과 최창현(2008)은 국제공동연구는 과학기술의 혁신과 확산을 나타내는 중요한 특징을 가지며 연구자들의 협력은 지식교환과 학습을 통한 새로운 지식과 기술의 습득과 창출의 과정이라고 보았다. 또한, Wagner와 Laydesdorff (2005)는 국제공동연구가 증가하는 이유에는 연구공동체 내부·외부에 존재하는 학문적 역량 및 네트워크와 관련된 요인이 있다고 주장하였다. 즉, 학문 내부에서 세부적인 전문 분야의 등장으로 학제적 분화의 필요성이 국제 간 연구협동을 촉진하는 역동성으로 작용하며, 현대 과학기술분야는 분야에 따라 투자규모가 너무 크기 때문에 개별국가가 단독으로 연구를 수행하기 어려우므로 국가 간 연구협력이 불가

피하다는 것이다.

선행연구들을 살펴보면 대체로 유럽 국가 간 공동연구가 활발한 데 반하여 아시아 국가 간 공동연구는 유럽과 북미 지역보다 활발하지 않다(안규정, 소민호 2003; 임경희 2008). 일반적으로 한국을 포함한 아시아 국가들은 북미와 공저논문 비율에서 가장 높고 그다음은 유럽, 아시아 순으로 나타난다. 지난 몇 년간 아시아 국가 간 공저논문 비율은 증가하는 추세이며 한국은 미국과 일본 외에도 중국, 인도, 타이완 등이 주요한 공동연구 파트너로 꾸준히 성장하고 있다. 본 연구의 예비 조사에서 1999년~2009년 SCIE 인용 데이터를 사용하여 한국과 공동연구를 수행한 지역별 공저논문 비율을 비교한 결과 시간이 경과함에 따라 북미는 약간 감소하는 경향을, 유럽과 아시아는 꾸준히 증가하는 경향을 나타냈다. 특히 아시아 지역은 한국과의 공저논문 비율에서 지난 10년간 4.0% 이상의 높은 성장률을 보여주었다. 이처럼 한국은 전통적인 과학 기술 선진국인 북미와 유럽뿐만 아니라 아시아 국가와 공저논문 비율에서 점차 높아지고 있다는 사실에 주목할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 최근 한국과의 공동연구가 크게 증가한 아시아 지역의 국가 상호 간 공동연구 현황을 공저논문 수와 주제범주로 구분하여 분석하였다. 국제공동연구 현황 분석을 위하여 사용한 사회 연결망 분석은 개별 국가 사이에 수행된 공동연구의 현황을 정량적으로 파악하여 공동연구에서 중심국가와 주변국가의 구분을 가능하게 하며 국가 간 협력관계를 시각적으로 표현할 수 있다. 본 논문의 목적은 아시아 국가 간 공동연구 네트워크 분석을 수행하여 아시아 지역의 연구 교류 및 협력 현황

을 실증적으로 파악함으로써 아시아 지역 연구 네트워크 활성화를 위한 공동 협력망 구축에 필요한 기초자료를 제공하는 데 있다.

2. 데이터 수집 및 분석 방법

2.1 데이터 수집

본 연구에서는 국제공동연구의 현황을 파악하기 위하여 Thomson Reuters의 ISI Web of Knowledge에서 제공하는 Web of Science 데이터베이스를 이용하여 인용 데이터를 수집하였다. 분석대상 국가는 SCIE에 등재된 논문의 저자가 속한 아시아 국가이다. 아시아 지역에 속하는 48개국을 대상으로 2005년부터 2009년까지 SCIE에 등재된 논문 수를 검색한 결과, 논문 수에서 1~2위를 차지한 중국은 2008년부터 100,000건 이상이 검색되었고 48위를 차지한 동티모르는 1~2건이 검색되었다. 따라서 논문 수가 너무 적게 검색된 국가는 연구진행 과정에서 큰 의미가 없다고 판단되어 논문 수 기준으로 상위 20개 아시아 국가를 최종 분석 대상으로 선정하였다. 분석대상인 아시아 국가를 지도상 위치에 따라 4개의 아시아 지역으로 구분하였다. 동북아시아에는 중국, 일본, 한국, 타이완이 속해 있으며 남부아시아에는 인도, 파키스탄, 방글라데시가 속해 있다. 동남아시아에는 싱가포르, 태국, 말레이시아, 베트남, 인도네시아, 필리핀이 속해 있으며 서남아시아에는 터키, 이란, 이스라엘, 사우디아라비아, 요르단, 아랍에미리트, 레바논이 속해 있다.

최근 한국을 비롯하여 아시아 국가 간 공동

연구를 하는 사례가 증가하고 있으므로 본 연구에서는 네트워크 분석을 이용하여 아시아 국가 간 과학기술분야 공동연구 현황을 실증적으로 파악하였다. <표 1>에서는 분석대상으로 선정된 아시아 국가를 2009년 SCIE에 등재된 논문 수 기준으로 가장 많은 논문을 등재한 국가 순서대로 나열하였다.

2.2 데이터 분석 방법

분석대상으로 선정된 아시아 국가 간 공동연구 현황을 실증적으로 파악하기 위하여 공저논문 수와 공저논문이 속한 주제범주를 이용하여 네트워크 분석을 수행하였다. 국가 간 공저논문 수 네트워크의 노드는 SCIE에 등재된 논문저자가 속한 소속국가를 의미하며, 과학기술분야 네트워크의 노드는 SCIE에 등재된 공저논문이 속한 주제범주에 해당되는 과학기술분야를 의미한다. 수집된 데이터로부터 넷마이너3을 이용하여 연결정도 중심성을 측정하였고, Pajek을 이용하여 가중 네트워크의 중심성 지표의 하나인 최근접 중심성을 측정하였다.

아시아 국가 간 공동연구 네트워크의 기본 구조를 시각적으로 표현하기 위하여 넷마이너의 스프링 그리기(Spring-embedding) 방식을 이용하였다(김용학 2007). 이 방법은 노드들이 화면상에 고르게 분포되면서 인접한 노드들은 일정한 간격으로 가까이 위치하게 한다. Kamada & Kawai의 스프링 그리기(Spring-KK)는 인접한 노드들이 가깝게 놓이도록 하면서 인접하지 않는 노드 쌍에 대해서도 이상적인 거리를 갖도록 최적화하는 방법이다.

아시아 국가 간 공저논문 수 네트워크 분석에서

〈표 1〉 최종 분석대상으로 선정된 국가

순위	국가	노드명	지역	등재 논문 수(2009년)
1	중국	CHINA	동북아시아	100,000
2	일본	JAPAN	동북아시아	91,745
3	인도	INDIA	남부아시아	44,680
4	한국	SOUTH KOREA	동북아시아	42,848
5	타이완	TAIWAN	동북아시아	25,413
6	터키	TURKEY	서남아시아	24,201
7	이란	IRAN	서남아시아	16,491
8	이스라엘	ISRAEL	서남아시아	12,821
9	싱가포르	SINGAPORE	동남아시아	8,979
10	태국	THAILAND	동남아시아	5,705
11	말레이시아	MALAYSIA	동남아시아	4,573
12	파키스탄	PAKISTAN	남부아시아	3,955
13	사우디아라비아	SAUDI ARABIA	서남아시아	2,622
14	요르단	JORDAN	서남아시아	1,106
15	베트남	VIETNAM	동남아시아	1,103
16	인도네시아	INDONESIA	동남아시아	1,047
17	방글라데시	BANGLADESH	동남아시아	1,024
18	아랍에미리트	UAE	서남아시아	956
19	필리핀	PHILIPPINES	동남아시아	825
20	레바논	LEBANON	서남아시아	805

는 지역 중심성 지표인 연결정도 중심성(degree centrality)과 최근접 중심성(nearest neighbor centrality)을 사용하였다. 네트워크의 결속을 나타내는 연결정도 중심성은 특정 개체가 사회 시스템 내부의 다른 개체들과 직접적으로 맺은 연결이나 관계의 수를 측정하며 공저논문 수와 비율을 파악하는 데 유용하다(Freeman 1979; Bonacich 1987; Wasserman and Faust 1994; Scott 2000). 연결정도 중심성 분석을 위한 그래프는 동심원형(concentric) 레이아웃 방식을 선택하였다(김용학 2007). 동심원형 레이아웃은 각 노드의 중심성 값이 클수록 화면 가운데에 놓고 낮을수록 주변에 놓이도록 배열된다. 구체적으로 중심성의 최대값과 최소값 사이를 일정한 개수의 구간으로 나눈 다음, 각 노드가 속

한 구간에 따라 화면상의 중심점으로부터 거리(반지름)를 결정하여 동심원상에 골고루 배열하는 것이다. 가장 중심에 있는 국가가 연결정도 중심성에서 가장 큰 값을 가진 국가이며 공동연구에서 영향력을 가지고 있다고 해석할 수 있다. 또한, 가중 네트워크에서 새롭게 제안된 최근접 중심성 지표를 사용하여 국가 간 공동연구에서 한 국가가 다른 국가에 의하여 최근접 이웃으로 꼽히는 정도를 측정하였다(이재윤 2006).

아시아 국가 간 공저논문의 주제범주 네트워크 분석에서는 연결정도 중심성 지표를 사용하여 아시아 지역별·국가별로 상위 주제범주 분포 현황을 파악하였다. 동북아시아, 남부아시아, 동남아시아, 서남아시아 각 지역에 속한 국가 간 공동연구에서 어떤 주제범주 연구가 활

발하게 이루어지는지, 그리고 국가별로 어떤 주제범주 연구가 활발하게 이루어지는지를 조사하였다.

3. 아시아 국가 간 공동연구 현황 분석

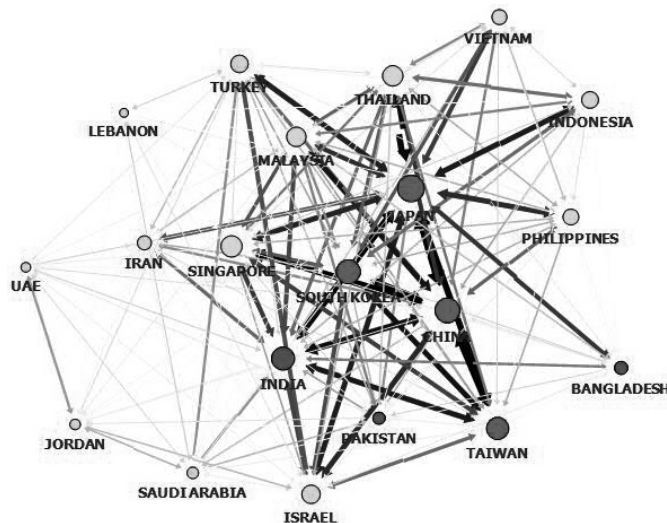
3.1 공저논문 수 기반 분석 및 네트워크

3.1.1 아시아 국가별 공저논문 수 분포 현황
 아시아 국가 간 공동연구에서 아시아 국가별로 공저논문 수 분포 현황을 파악하기 위하여 넷마이너를 이용하여 공저논문 수에 대한 네트워크 분석을 수행하였다. 이를 위해 SCIE 데이터베이스로부터 2005년부터 2009년까지 5년간 아시아 국가 간 공저 논문 수에 대한 데이터를 수집하여 5개의 데이터 행렬을 작성하였다.

네트워크 지도에서 각 국가는 노드로 표현되

며 노드 색깔로 아시아 지역을 구분하였다. 노드 크기는 공저논문 총수를 반영하였으며, 노드 크기가 커질수록 그 국가는 공저 논문 총수가 많다는 것을 의미한다. 링크는 국가 간 공동연구 수행 여부를 의미하며, 국가 간 공동연구를 수행하였을 때 링크로 연결되며 방향성은 존재하지 않는다. 링크 선의 굵기가 굵을수록 국가 간 공저논문 수가 많다는 것을 의미한다.

〈그림 1〉에서, 2005년 아시아 국가 간 공저논문 수에 기반을 둔 네트워크를 살펴보면, 네트워크상에서 중심부와 주변부인 국가가 뚜렷하게 나타났다. 일본, 중국, 한국 등의 동북아시아 국가들이 네트워크 중심에서 다른 국가들과의 공동연구가 활발하였으며, 남부아시아 국가 중에서는 인도가 다른 국가들과의 공동연구를 활발하게 수행한 것으로 나타났다. 반면 동남아시아 국가들은 동북아시아 국가 주변에 있으며 동북아시아 국가들과의 공동연구가 활발하게 이루어졌다. 서남아시아 지역에 속하는 국



〈그림 1〉 아시아 국가 간 공저논문 기반 네트워크(2005년)

가 중 특히 레비논, 아랍, 요르단, 사우디아라비아는 네트워크상에서 고립된 주변부에 있었으며 다른 국가들과의 공동연구가 거의 이루어지지 않았다.

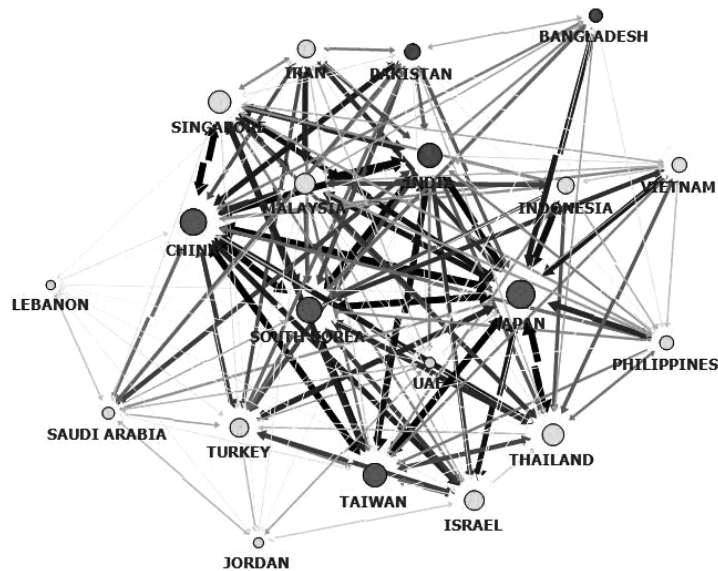
〈그림 2〉에서, 2009년 아시아 국가 간 공저논문 수에 기반을 둔 네트워크를 살펴보면, 일본, 중국, 한국이 네트워크 중심부를 계속 차지하였으며 많은 국가들과 공동연구가 활발하게 이루어졌다. 여전히 서남아시아 국가 대부분이 주변부에 있었으나 이란, 아랍에미리트, 사우디아라비아는 2005년에 비하여 네트워크 중심부 국가들과 공동연구가 활발해졌다. 이처럼 2005년에는 네트워크상에서 중심국가와 주변국가의 경계가 뚜렷했으나 2009년에는 경계가 다소 완화된 것으로 나타났다.

3.1.2 연결정도 중심성 분석

2005년부터 2009년까지 아시아 국가 간 공동

연구에서 공저논문 수에 대한 연결정도 중심성 값은 〈표 2〉와 같으며 2009년도 연결정도 중심성 값이 큰 국가 순으로 배열하였다.

〈표 2〉를 살펴보면, 아시아 국가 간 공저논문 수에 대한 연결정도 중심성 값에서 일본이 계속 1위를, 중국이 2위를 차지함으로써 일본이 아시아 지역 공동연구에서 가장 핵심적인 허브의 역할을 담당하고 있으며 중국이 그 뒤를 바짝 뒤쫓고 있는 것을 볼 수 있다. 한국은 인도보다 논문 수는 적지만 연결정도 중심성에서 높은 값을 가지면서 3위를 차지하였다. 한국은 아직 일본과 중국과 비교하여 아시아 지역에서 공동연구 파트너로 덜 선호되고 있으며 1위와 2위와 어느 정도 격차를 나타냈다. 1위부터 3위까지의 순위가 모두 동북아시아에 속하는 국가로 이 지역은 아시아 국가 간 공동연구에서 가장 중추적인 역할을 하고 있다는 것을 확인할 수 있다.



〈그림 2〉 아시아 국가 간 공저논문 기반 네트워크(2009년)

〈표 2〉 아시아 국가 간 공저논문 수 연결정도 중심성

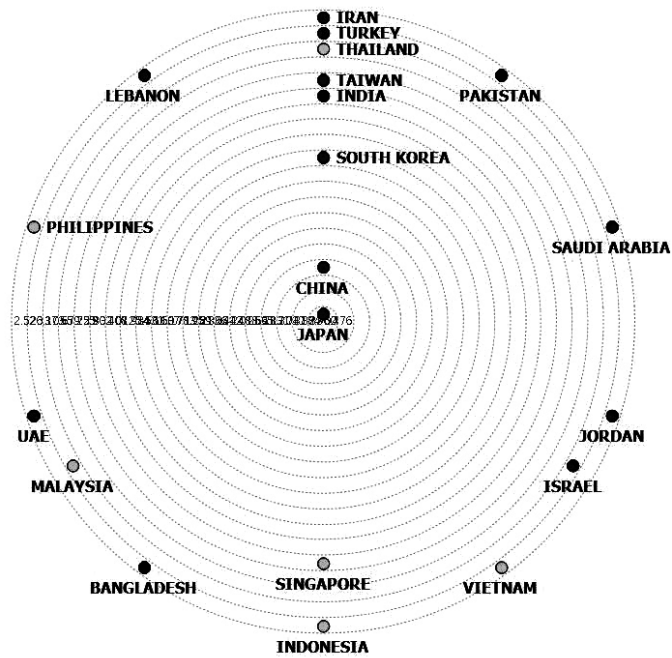
국가	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년
일본	354.05	368.79	377.00	443.05	472.53
중국	296.89	310.95	343.63	428.26	462.89
한국	166.74	173.95	191.53	238.42	263.42
인도	104.84	113.16	119.16	156.26	167.58
타이완	90.00	92.37	108.21	132.16	151.79
싱가포르	76.00	86.11	89.79	112.26	130.63
태국	42.58	50.00	62.11	74.74	79.79
말레이시아	37.00	37.53	44.58	58.95	73.26
이스라엘	36.74	33.21	36.89	44.00	43.63
터키	21.74	23.68	28.32	37.74	41.05
이란	11.68	12.37	18.53	29.00	37.47
인도네시아	19.89	24.58	24.63	29.26	35.00
파키스탄	10.21	14.42	18.95	25.79	34.53
베트남	15.26	18.89	17.00	25.53	28.74
필리핀	16.26	19.37	20.11	27.42	25.79
방글라데시	10.58	13.63	12.63	19.63	21.42
사우디아라비아	7.58	8.26	10.11	15.26	20.84
아랍에미리트	4.74	5.00	7.32	9.11	11.95
요르단	4.89	4.11	5.95	8.68	7.89
레바논	2.53	2.16	4.63	5.32	5.89

〈그림 3〉과 〈그림 4〉는 2005년과 2009년 아시아 국가 간 공저논문 수에 대한 연결정도 중심성 값을 동심원형 레이아웃 형태로 표현한 것이다. 동심원 수는 최대 20개로 설정하고 노드 색깔로 아시아 지역을 구분하였다.

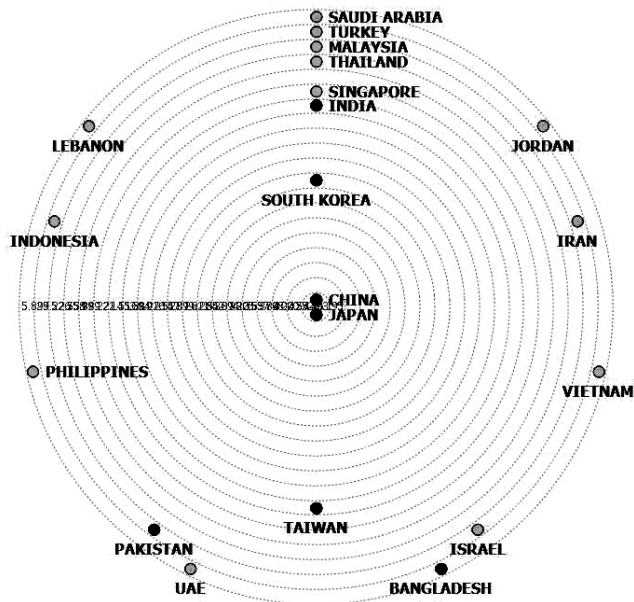
〈그림 3〉에서, 2005년에 일본이 가장 중심에 있었으며, 그 뒤를 이어 중국, 한국, 인도, 타이완 순으로 있었다. 빨간색으로 표시된 동북아시아 국가 대부분이 상대적으로 동심원 안쪽에 있었으며 녹색으로 표시된 남부아시아 국가는 인도를 제외하고 동심원 바깥쪽에 있었다. 연두색으로 표시된 동남아시아 국가 중에서 비교적 싱가포르와 태국이 동심원 안쪽에 있었으며 파란색으로 표시된 서남아시아 국가 중에서 비교적

이스라엘과 터키가 동심원 안쪽에 있었다. 그러나 동남아시아, 서남아시아, 남부아시아 국가 대부분이 동북아시아 국가보다 상대적으로 동심원 바깥쪽에 있었으며 그 격차가 〈그림 3〉에서 보는 것처럼 컸다는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 4〉에서, 2005년과 비교하여 2009년에도 일본이 가장 중심에 있었으며, 그 뒤를 이어 중국, 한국, 인도, 타이완 순으로 있었으므로 상위권 순위에는 큰 변화가 없었다는 것을 확인할 수 있다. 시간 경과에 따른 몇 가지 변화를 살펴보면, 〈그림 4〉에서 보는 것처럼 2009년에 중국과 일본의 연결정도 중심성 격차가 크게 줄었으며 이것은 공저논문 총수에 있어서도 거의 차이가 없다는 것을 의미한다. 이것은 최근



〈그림 3〉 아시아 국가 간 공저논문 수 연결정도 중심성(2005년)



〈그림 4〉 아시아 국가 간 공저논문 수 연결정도 중심성(2009년)

중국의 논문 수가 많이 증가하면서 공저논문 수도 증가하고 있으며 조만간 중국이 공저논문 수에 있어서 일본을 넘어설 수 있다는 것을 조심스럽게 예측할 수 있다.

3.1.3 최근접 중심성 분석

2005년과 2009년 아시아 국가 간 공저논문 수에 대한 최근접 중심성 값과 최근접 이웃은 <표 3>과 같으며, 2009년도 최근접 중심성 값이 큰 국가순으로 배열하였다.

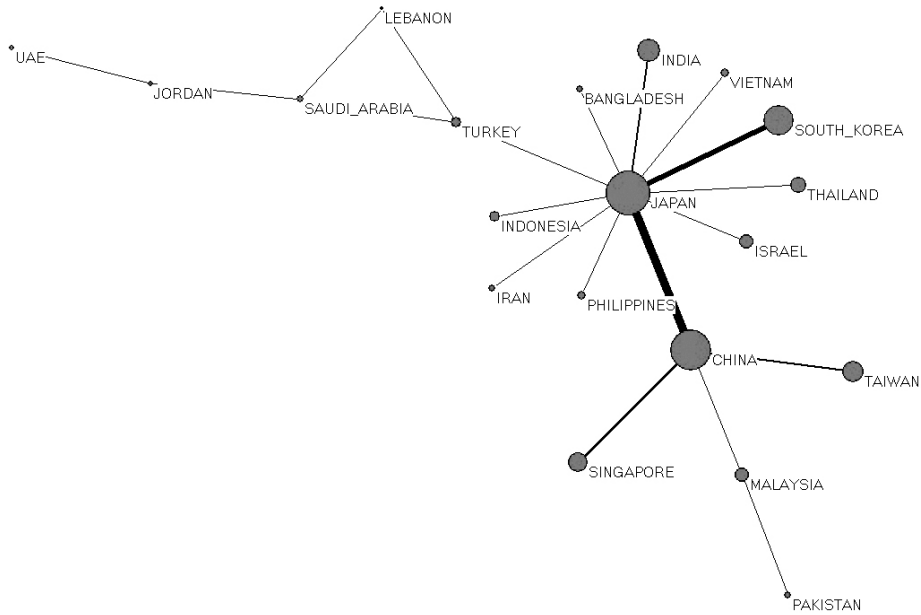
최근 시간 경과에 따른 최근접 중심성 값을 살펴보면, 일본이 계속 선두를 유지하였으며 중국이 그 뒤를 이어 2위를 유지하였다. 한국의 최근접 이웃은 일본이며 따라서 한국은 일본과 공

동연구가 가장 활발하게 이루어졌다는 것을 확인할 수 있다. 한국은 2005년에 비교하여 2009년에 순위가 8위에서 4위로 상승하였으며 국가 간 공동연구에서 허브로서의 역할이 커졌다고 볼 수 있다. 순위권에서 가장 큰 변화를 살펴보면, 2005년에 3위였던 터키가 2009년에 8위를 차지하였으며 2005년에 8위였던 인도에 2009년에 3위를 차지하면서 서남아시아 지역에서 허브 역할을 담당했던 터키 대신 인도가 그 역할을 담당하였다. 또한, 인도는 한국을 최근접 이웃으로 꼽으면서 인도의 성장과 함께 한국도 같이 성장한 것으로 볼 수 있다.

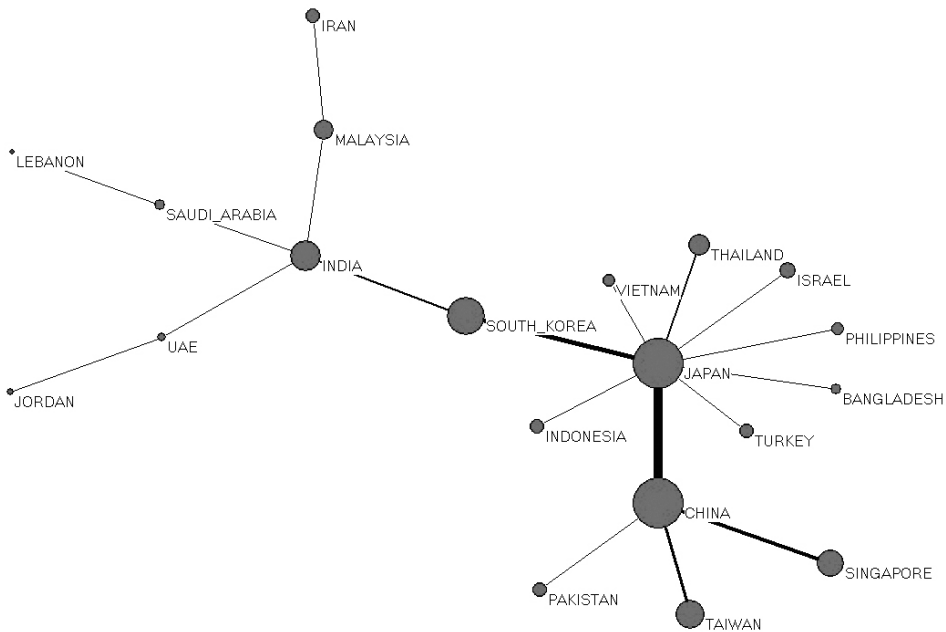
<그림 5>와 <그림 6>은 Pajek를 이용하여 2005년과 2009년 아시아 국가 간 공저논문 수에

<표 3> 아시아 국가 간 공저논문 수 최근접 중심성

국가	2005년		2009년	
	최근접 중심성	최근접 이웃	최근접 중심성	최근접 이웃
일본	11	중국	9	중국
중국	4	일본	4	일본
인도	0	일본	3	한국
한국	0	일본	1	일본
말레이시아	1	중국	1	인도
사우디아라비아	1	터키	1	인도
아랍에미리트	1	요르단	1	인도
이스라엘	0	일본	0	일본
싱가포르	0	중국	0	중국
태국	0	일본	0	일본
타이완	0	중국	0	중국
파키스탄	0	말레이시아	0	중국
터키	2	일본	0	일본
이란	0	일본	0	말레이시아
베트남	0	일본	0	일본
인도네시아	0	일본	0	일본
방글라데시	0	일본	0	일본
요르단	1	아랍에미리트	0	아랍에미리트
필리핀	0	일본	0	일본
레바논	0	터키	0	사우디아라비아



〈그림 5〉 아시아 국가 간 공저논문 수 최근접 중심성(2005년)



〈그림 6〉 아시아 국가 간 공저논문 수 최근접 중심성(2009년)

대한 최근접 중심성을 네트워크 지도로 표현한 것이다. 네트워크 지도에서 각 국가는 노드로 표현되며 노드명으로 영어코드를 사용하였다. 노드 크기는 공저논문 총수를 반영하였으며 노드 크기가 커질수록 그 국가는 공저논문 총수가 많다는 것을 의미한다. 링크는 국가 간 가장 최근접 이웃으로 꼽히는 국가, 즉 국가별로 그 국가와 공저논문 수가 가장 많은 국가를 연결한다. 링크 선의 굵기는 국가 간 공저논문 수를 반영하였으며 굵기가 굵을수록 국가 간 공저논문 수가 많다는 것을 의미한다.

〈그림 5〉에서, 2005년에 일본, 중국, 터키 등이 아시아 국가 간 공동연구에서 허브 역할을 담당했다는 것을 확인할 수 있다. 일본은 한국, 인도, 태국, 인도네시아, 베트남, 이란 등 가장 많은 아시아 국가들의 최근접 이웃이며 그만큼 공동연구에서 핵심적 역할을 수행하였다. 중국은 타이완, 싱가포르, 말레이시아와 같은 주로 화교들이 많은 사는 국가들이 최근접 이웃으로 꼽았다. 남부아시아 지역 중 인도와 방글라데시는 일본과 공동연구가 많았으며, 파키스탄은 말레이시아와 공동연구가 가장 많았다. 사우디아라비아와 레바논의 최근접 이웃인 터키는 서남아시아 국가 중 일본과 가장 많은 공동연구를 수행하였다.

〈그림 6〉에서, 2009년에 일본, 중국, 한국, 인도 등이 아시아 국가 간 공동연구에서 허브 역할을 담당했다는 것을 확인할 수 있다. 일본은 여전히 많은 아시아 국가와 공동연구에서 선두를 유지하였으며 중심적인 역할을 담당하였다. 그러나 일본을 최근접 이웃으로 꼽는 국가가 2005년에 11개에서 2009년에 9개로 줄어든 것으로 보아 아시아 국가 간 공동연구에서 다소

입지가 약해진 것으로 보인다. 중국은 2008년 이후 공저논문 수는 크게 증가하였으나 최근접 이웃으로 꼽는 국가에는 크게 변화가 없었으므로 논문 수에 비하여 아시아 공동연구에서의 입지 변화는 거의 없다고 해석할 수 있다. 한국은 일본과 인도를 연결해주는 중요한 허브 역할을 담당하였으며, 2009년에 급부상한 인도는 말레이시아, 사우디아라비아, 아랍에미리트의 최근접 이웃이며 서남아시아 지역에서 허브 역할을 담당하였다.

3.2 공저논문 주제범주 기반 네트워크

3.2.1 아시아 지역별 상위 과학기술분야 분포 현황

최근 아시아 국가 간 과학기술분야 공동연구에서 아시아 지역별로 어떤 주제범주를 많이 연구하는지를 알아보하고자 2009년 아시아 국가 간 공저논문을 이용하여 과학기술분야 네트워크 분석을 수행하였다.

과학기술분야 분류는 Thomson Reuters에서 제공하는 Essential Science Indicators(이하 ESI)와 Web of Science에서 제공하는 JCR 주제범주를 활용하였다. 180개의 주제범주는 22개의 ESI 분류코드로 매핑하였으며, 22개의 ESI 분류코드로 매핑되지 않은 Nanoscience & Nanotechnology와 Telecommunications는 ESI 분류코드로 포함하기에 적절하지 않으므로 각각 별도의 과학기술분야로 남겨두었다(양혜영 2008).

아시아 국가 간 공동연구에서 지역별로 상위 주제범주 현황을 파악하기 위하여 동북아시아, 남부아시아, 동남아시아, 서남아시아의 각 지역에 속한 국가 간 공저논문에 대한 상위 1위부터

5위까지 주제범주를 조사하였다. 1위부터 5위까지 주제범주를 선정하는 데 있어서 백분율이 같은 경우에는 공동순위로 처리하였으며 주제범주에 속한 공저논문 수가 1인 경우 주제범주 선정에서 제외하였다. 이와 같이 국가 간 공동연구 상위 분야를 선정한 후 네트워크 분석을 수행하였다.

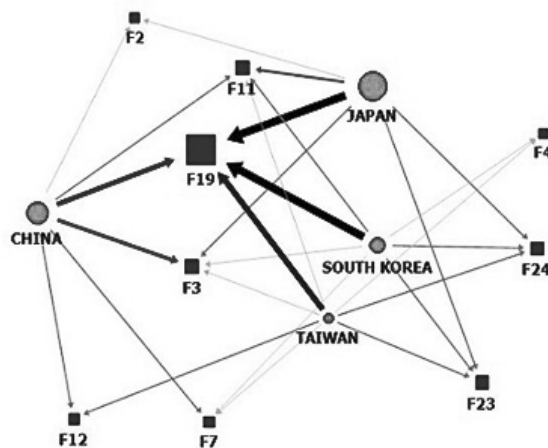
네트워크 지도에서 국가와 과학기술분야를 각각의 노드로 표현하였으며, 국가 노드는 원 모양으로 표시하고 노드 크기는 국가별 공저논문 총수를 반영하였다. 과학기술분야 노드는 SCIE 등재 공저논문이 속한 과학기술분야를 의미하며 사각형 모양으로 표시되며 노드 크기는 상위 과학기술분야 총수를 반영하였다. 링크는 각 국가와 과학기술분야를 연결해 주며 링크 선의 굵기가 굵을수록 그 국가는 화살표로 표시되는 과학기술분야의 주제범주를 많이 이용했다는 것을 의미한다.

(1) 동북아시아 공동연구 과학기술분야 네트워크

〈그림 7〉은 중국, 일본, 한국, 타이완이 속한 동북아시아 국가 간 공동연구에서 상위에 속하는 과학기술분야 네트워크를 보여준다.

2009년 동북아시아 공동연구 과학기술분야 네트워크를 살펴보면, 물리학(F19)은 일본, 중국, 한국, 타이완과 압도적으로 강한 연결관계를 나타냈다. 그다음으로 화학(F3)과 재료공학(F11)이 강한 연결관계를 나타냈으나, 물리학(F19)과 비교하여 매우 약한 연결관계를 나타냄으로써 공동연구가 활발한 주학문 분야는 물리학 분야로 국한되는 경향을 보였다.

물리학 분야를 제외한 국가별 과학기술분야 연결 관계는 다음과 같다. 중국은 화학(F3)에서, 일본은 재료공학(F11)에서 가장 강한 연결 강도를 나타냈다. 한국은 재료공학(F11), 우주과학(F23), 전기통신(F24)에서 고르게 연결



F2 생물학	F3 화학	F4 의학	F7 공학	F11 재료공학
F12 수학	F19 물리학	F23 우주과학	F24 전기통신	

〈그림 7〉 동북아시아 국가 - 공동연구분야 네트워크

강도를 나타냈으며, 타이완은 수학(F12), 우주 과학(F23), 전기통신(F24)에서 고르게 연결 강도를 나타냈다. 이와 같이 동북아시아 국가 간 공동연구는 물리학을 주학문 분야로 하여 화학과 재료공학 등 기초과학분야에서 활발하게 이루어지고 있다. 우주과학(F23)과 전기통신(F24)은 다른 아시아 지역에서 연구가 거의 이루어지지 않았으며 동북아시아 지역에서만 활발하게 연구되고 있다. 그 외 공학이나 의학, 생물학 분야에서 공동연구가 이루어졌으나 빈도는 낮게 나타났다.

네트워크를 살펴보면, 의학(F4)과 면역학(F10)이 인도, 파키스탄, 방글라데시와 강한 연결관계를 나타냈다. 파키스탄은 의학(F4)에서 가장 강한 연결관계를 나타냈으며 동식물학(F20)과 사회과학(F22)에서도 강한 연결관계를 나타냈다. 인도는 의학(F4)과 면역학(F10)에서, 방글라데시는 면역학(F10)에서 가장 강한 연결관계를 나타냈다. 이와 같이 남부아시아 국가 간 공동연구는 의학 분야를 주축으로 활발하게 이루어졌으며, 동식물학(F20), 사회과학(F22), 생물학(F2) 등의 분야에서 공동연구가 이루어졌다.

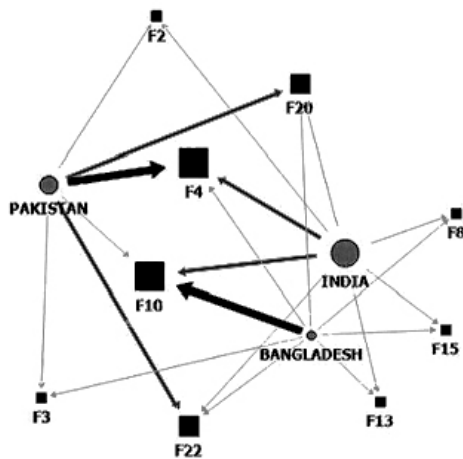
(2) 남부아시아 공동연구 과학기술분야 네트워크

〈그림 8〉은 인도, 파키스탄, 방글라데시가 속한 남부아시아 국가 간 공동연구에서 상위에 속하는 과학기술분야 네트워크를 보여준다.

2009년 남부아시아 공동연구 과학기술분야

(3) 동남아시아 공동연구 과학기술분야 네트워크

〈그림 9〉는 싱가포르, 태국, 말레이시아, 베트남, 인도네시아, 필리핀이 속한 동남아시아 국가 간 공동연구 과학기술분야 네트워크를 보여준다.



F2 생물학	F3 화학	F4 의학	F8 환경공학	F10 면역학
F13 미생물학	F15 복합과학	F20 동식물학	F22 사회과학	

〈그림 8〉 남부아시아 국가 - 공동연구분야 네트워크

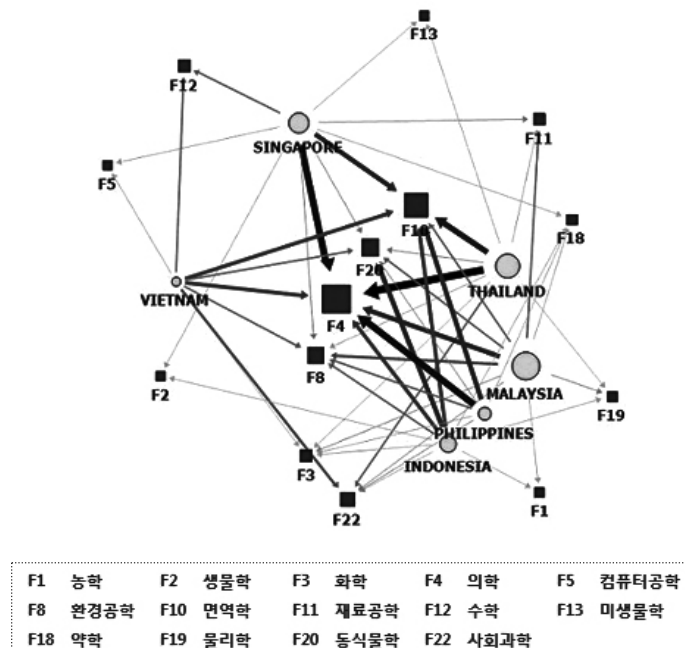
2009년 동남아시아 공동연구 과학기술분야 네트워크를 살펴보면, 의학(F4)이 가장 우세하며, 그다음으로 면역학(F10)이 우세한 것으로 나타났다. 의학 분야는 동남아시아에 속한 대부분 국가가 공동연구에서 가장 강한 연결강도를 나타냈으며, 면역학 분야는 태국, 싱가포르, 필리핀, 베트남, 인도네시아 등의 국가가 강한 연결강도를 나타냈다. 의학과 면역학을 제외한 국가별 과학기술분야 연결관계는 다음과 같다.

싱가포르는 수학(F12)에서 강한 연결관계를 나타냈으며 재료공학(F11), 동식물학(F20), 생물학(F2), 컴퓨터공학(F5) 등 다양한 분야에서 연결관계를 나타냈다. 태국은 공중보건과 관련된 사회과학(F22)에서 강한 연결관계를 나타냈으며 동식물학(F20), 화학(F3), 환경공학(F8) 등 다양한 분야에서 연결관계를 나타냈다. 말레

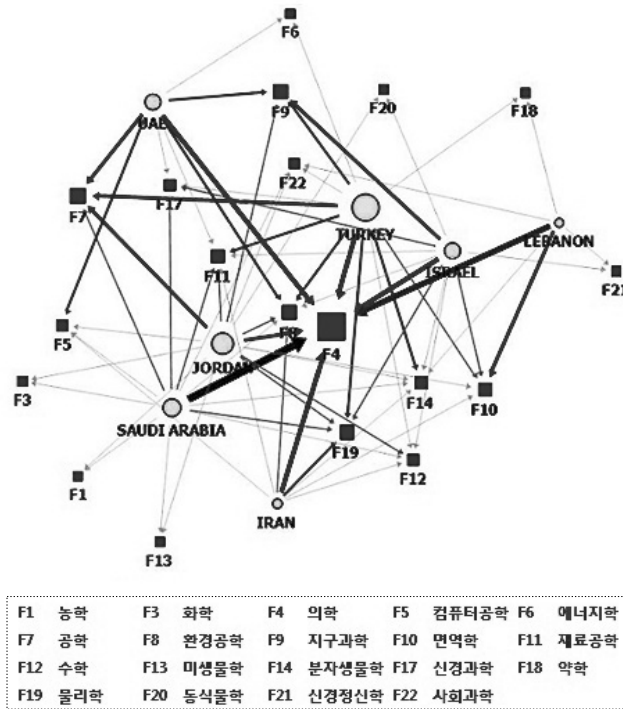
이시아는 화학(F3)과 물리학(F19) 관련 기초학문분야와 환경공학(F8)과 동식물학(F20) 분야에서 강한 연결관계를 나타냈다. 베트남과 인도네시아, 필리핀은 환경공학(F8)과 동식물학(F20)에서 강한 연결관계를 나타냈으며 인도네시아는 동식물학(F20)에서 가장 강한 연결관계를 나타냈다. 이와 같이 동남아시아 국가 간 공동연구는 의학 분야를 주축으로 환경공학, 동식물학, 사회과학 등 다양한 분야에서 공동연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

(4) 서남아시아 공동연구 과학기술분야 네트워크

〈그림 10〉은 터키, 이란, 이스라엘, 사우디아라비아, 요르단, 아랍에미리트, 레바논이 속한 서남 아시아 국가 간 공동연구 과학기술분야



〈그림 9〉 동남아시아 국가 - 공동연구분야 네트워크



〈그림 10〉 서남아시아 국가 - 공동연구분야 네트워크

네트워크를 보여준다.

2009년 서남아시아 공동연구 과학기술분야 네트워크를 살펴보면, 의학(F4)이 서남 아시아 대부분 국가와 가장 강한 연결관계를 나타냈다. 의학 분야를 제외한 국가별 과학기술분야 연결관계는 다음과 같다.

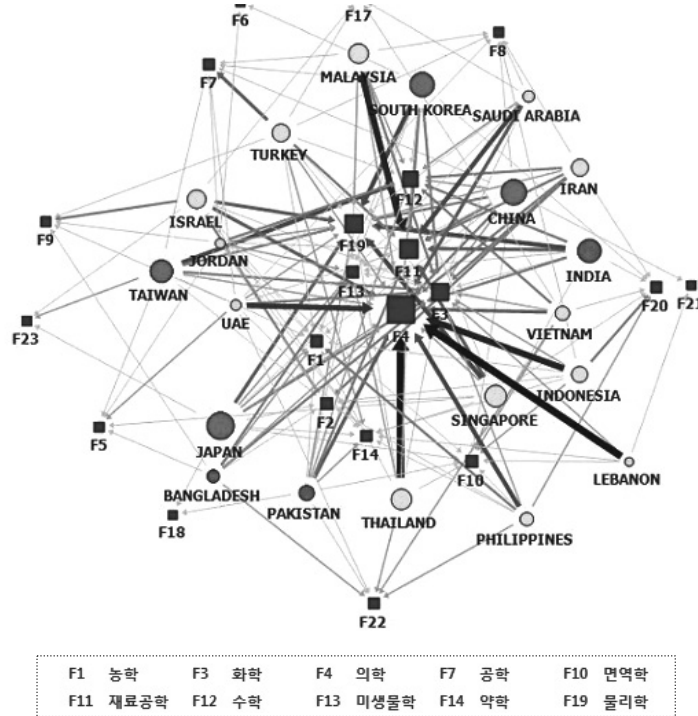
터키는 공학(F7), 환경공학(F8), 재료공학(F11) 등 공학 분야와 지구과학(F9), 분자생물학(F14), 물리학(F19) 등 기초학문분야에서 강한 연결관계를 나타냈다. 이란은 물리학(F19) 분야에서, 이스라엘은 지구과학(F9) 분야에서, 요르단과 아랍은 공학(F7) 분야에서, 레바논은 번역학(F10) 분야에서 강한 연결관계를 나타냈다.

이와 같이 서남아시아 국가 간 공동연구는 의

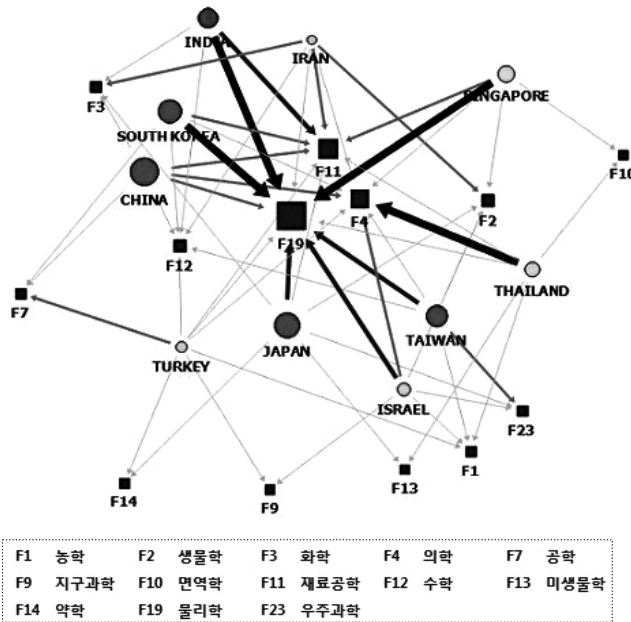
학 분야에서 우세하며 공학 관련 분야에서 공동연구가 많이 수행되었으며 수학, 생물학, 물리학 등 기초과학분야와 농학, 화학, 동식물학 등 다양한 분야에서 공동연구가 수행되었다.

3.2.2 아시아 국가별 최상위 과학기술분야 분포 현황

최근 아시아 국가 간 과학기술분야 공동연구에서 국가별로 어떤 주제범주를 가장 많이 연구하는지를 알아보고자 2009년 공저논문을 이용하여 아시아 국가 간 최상위 주제범주를 조사하였다. 아시아 국가 간 공동연구에서 공저논문이 속한 최상위 주제범주를 선정하고 각 주제범주가 속한 과학기술분야로 매핑한 결과는 〈표 4〉와 같다.



<그림 11> 아시아 국가 - 공동연구분야 네트워크



<그림 12> 상위 10위 내 아시아 국가 - 공동연구분야 네트워크

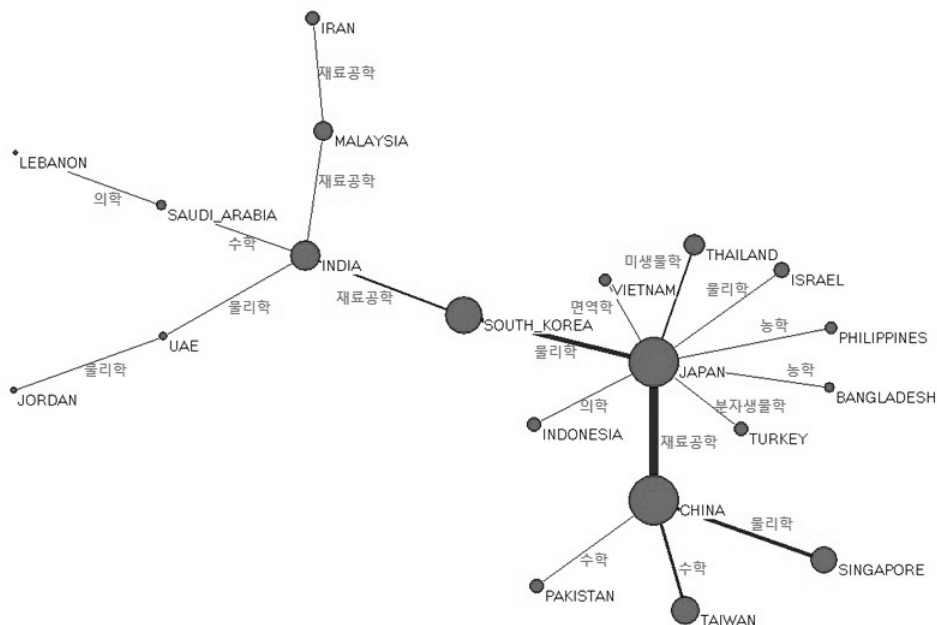
가장 강하게, 그 다음으로 재료공학(F11), 의학(F4) 분야가 강하게 나타났다. <그림 11>과 비교해 보면, 의학(F4) 분야가 연결강도에서 약해지면서 상대적으로 물리학(F19) 분야가 연결강도에서 강해진 것으로 나타났으며, 논문 수가 많은 상위권 국가일수록 물리학 분야에서 공동연구가 활발하게 이루어진다는 것을 확인할 수 있다. 한국은 물리학, 재료공학, 화학 분야 등 기초학문분야에서 강한 연결관계를 나타냈으며, 특히 물리학 분야에서 강한 연결관계를 나타냈다.

<그림 13>은 <그림 6>을 참고하여 아시아 국가 간 공동연구에서 최근접 이웃으로 꼽히는 국가와의 최상위 과학기술분야를 나타낸 것이다.

일본은 한국 및 이스라엘과 물리학 분야, 필리핀 및 방글라데시와 농학 분야, 인도네시아

및 베트남과 의학 분야, 터키 및 타이완과 생물학 분야에서 공동연구가 활발하게 이루어지고 있다. 중국은 일본과 재료공학 분야, 싱가포르와 물리학 분야, 타이완 및 파키스탄과 수학 분야에서 공동연구가 활발하게 이루어지고 있다. 인도는 한국과 재료공학 분야, 아랍에미리트와 물리학 분야, 사우디아라비아와 수학 분야, 말레이시아와 재료공학 분야에서 공동연구가 활발하게 이루어지고 있다.

공동연구에서 허브 역할을 하는 국가 간에는 재료공학이나 물리학 분야 같은 기초학문분야에서 공동연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 특히 일본은 물리학 분야에서, 중국은 수학 분야에서, 인도는 재료공학 분야에서 공동연구가 활발하게 이루어지고 있다.



<그림 13> 최근접 이웃 국가 간 공동연구 최상위 과학기술분야

4. 결론 및 제언

본 연구에서는 네트워크 분석을 이용하여 최근 몇 년 동안 한국과의 공동연구가 크게 증가한 아시아 국가 간 공동연구 현황을 공저논문 수와 주제범주로 구분하여 실증적으로 파악하였다.

2005년 이후 최근 5년간 아시아 국가 간 공동연구에서 국가별 공저논문 수에 기초한 네트워크를 살펴보면, 일본, 중국, 한국이 공동연구 네트워크 중심에 있으며 여러 아시아 국가들과의 공동연구가 가장 활발하게 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 서남아시아 국가는 대부분 주변부에 있으나 최근 들어 네트워크 중심부에 있는 국가와의 공동연구가 점차 활발해지고 있다. 2005년은 네트워크상에서 중심국가와 주변국가의 경계가 뚜렷했으나 2009년에는 경계가 다소 완화되었다. 연결정도 중심성 값의 변화 추이를 살펴보면, 아시아 국가 간 공동연구에서 거의 독점적이었던 일본이 연결정도 중심성 비율에서 26.62%에서 22.33%로 크게 하락하면서 다른 아시아 국가들의 비율이 상대적으로 증가하였다.

최근 5년간 최근접 중심성 값의 변화 추이를 살펴보면, 일본은 많은 아시아 국가와 공동연구에서 선두를 유지하였으나 최근접 이웃으로 꼽는 국가가 11개에서 9개로 줄어들었으며 그 입지가 다소 약해진 것으로 보인다. 중국은 공저논문 수가 많이 증가하였으나 최근접 이웃으로 꼽는 국가에서 큰 변화가 없었으며 논문 수의 증가와 비교할 때 아시아 지역에서의 입지 변화는 크게 없는 것으로 보인다. 인도는 2005년에 터키가 담당했던 서남아시아 지역의 허브

가 되면서 아시아 국가 간 공동연구에서 크게 성장하였으며, 인도가 한국을 최근접 이웃으로 꼽으면서 한국도 같이 성장한 것으로 보인다.

2009년 아시아 국가 간 공동연구에서 지역별로 과학기술분야 네트워크를 살펴보면, 동북아시아는 물리학이 주학문 분야이면서 화학과 재료공학 등 기초과학분야의 공동연구가 활발하게 이루어졌다. 남부아시아는 의학 분야를 중심으로 동식물학과 생물학 분야에서 공동연구가 활발하게 이루어졌으며, 동남아시아는 의학 분야를 중심으로 환경공학, 동식물학, 사회과학 등 다양한 분야에서 공동연구가 이루어졌다. 서남아시아는 의학 분야에서 공동연구가 가장 활발하게 이루어졌으며 그다음은 공학 관련 분야로 나타났다. 또한 수학, 생물학, 물리학 등 기초과학 분야와 농학, 화학, 동식물학 등 다양한 분야에서 공동연구가 이루어졌다.

아시아 국가 간 공동연구에서 국가별로 최상위 과학기술분야 네트워크를 살펴보면, 의학 분야에서 공동연구가 가장 활발하게 이루어졌으며, 물리학, 재료공학, 화학, 수학 분야 순으로 공동연구가 활발하게 이루어졌다. 반면 논문 수 상위 10위 내에 드는 아시아 국가 간 최상위 과학기술분야 네트워크를 살펴보면, 물리학, 재료공학, 의학 분야 순으로 공동연구가 활발하게 이루어졌다. 이와 같이 논문 수가 많은 상위 국가일수록 물리학 분야에서 공동연구가 활발하게 수행된다는 것을 확인할 수 있다. 한국은 물리학, 재료공학, 화학 분야 등 기초학문 분야에서 다른 아시아 국가와의 공동연구가 활발하게 수행되었다.

유럽의 작은 국가들이 과학적 활동량보다 그 영향력이 큰 것은 특히 가까운 거리에 있는 유

립 국가들과의 협력 네트워크를 통하여 국제공동연구를 수행함으로써 연구의 양적·질적인 면에서 큰 성과를 거둔 때문인 것으로 평가된다. 따라서 한국 역시 지리적으로 가까운 일본, 중국, 타이완, 인도, 싱가포르 등의 아시아 국가

와의 연구 협력 강화를 통하여 연구 성과 면에서 큰 향상을 가져올 수 있을 것으로 보인다. 특히 한국은 아시아 국가 간 공동연구에서 빠르게 성장하는 중국 및 인도와 정부 차원의 국제협동을 추진할 필요가 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 김용학. 2007. 『사회 연결망 분석』. 개정판. 서울: 박영사.
- 안규정, 소민호. 2003. 우리나라 과학기술분야 공동연구 현황: SCI논문 공저 자료분석을 중심으로. 『과학기술정책』, 13(4): 124-135.
- 양창훈, 최창현. 2008. 한국과 대만의 과학기술 연구협력에 관한 연구: 사회연결망 분석의 적용. 『한국행정학회 추계학술대회』, 2008년 10월.
- 양혜영. 2008. 네트워크 분석방법을 적용한 과학기술분야간 상관관계 및 국가연구개발사업 특성 분석. 서울: 한국과학기술평가원.
- 이재운. 2006. 계량서지적 네트워크 분석을 위한 중심성 척도에 관한 연구. 『한국문헌정보학회지』, 40(3): 191-214.
- 임경희. 2008. 국제 공동 연구개발 지원 체계 비교 분석. 『한국산업기술재단 이슈페이퍼』, 8(9).
- Ahuja, Gautam. 2000. "Collaboration networks, structural holes, and innovation: A longitudinal study." *Administrative Science Quarterly*, 45(3): 425-255.
- Archibugi, Daniele and Carlo Pietrobelli. 2003. "The globalization of technology and its implications for developing countries windows of opportunity or further burden?" *Technological Forecasting & Social Change*, 70: 861-883.
- Bonacich, P. 1987. "Power and centrality: A family of measures." *The American Journal of Sociology*, 92(5): 1170-1182.
- Freeman, L. C. 1979. "Centrality in social networks: Conceptual clarification." *Social Networks*, 1(3): 215-239.
- Geroghiou, Luke. 1998. "Global cooperation in research." *Research Policy*, 27(6): 611-626.
- Katz, J. S. and B. R. Martin. 1997. "What is research collaboration?" *Research Policy*, 26(1): 1-18.
- Scott, J. P. 2000. *Social Network Analysis: a Handbook*, 2nd ed. CA: Sage Publications.
- Turpin, T. 2004. "Collaboration and learning for technology capacity building in the

asia pacific.” Paper to be presented at the DRUID Summer Conference 2004 on Industrial Dynamics, Innovation and Development, 14-16 June, at Elsinore, Denmark.

Wagner, Caroline and Loet Leydesdorff. 2005. “Mapping global science using international co-authorships: A com-

parison of 1990 and 2000.” *International Journal of Technology and Globalization*, 1(2): 185-208.

Wasserman, S. and K. Faust. 1994. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. New York: Cambridge University Press.

