

# 국제학술논문을 통해 본 북한의 과학기술 지식생산에 관한 연구

## A Study on the Production of Science and Technology Knowledge in North Korea through International Academic Papers

노 경 란 (Kyung-Ran Noh)\*

김 은 정 (Eun-Jeong Kim)\*\*

최 현 규 (Hyun-Kyoo Choi)\*\*\*

### 초 록

본 연구는 북한의 과학자들이 과학기술지식을 생산하는 구조를 파악하기 위해 국제학술논문 데이터를 바탕으로 공동연구 네트워크를 분석하였다. 분석결과를 살펴보면, 연구주제 분야는 물리학, 수학 및 화학 등 기초과학 분야에 편중되어 있었다. 북한과의 주요 공동연구 협력국가는 중국이며, 김정은 시대 이후 그 현상은 더욱 강해진 것으로 나타났다. 물리학 분야의 주요 공동연구는 독일에서 중국으로 이동한 것으로 나타났다. 국제학술 논문을 발표한 북한의 과학자들의 소속기관은 총 32개 기관이었다. 그 중에서 국제학술 활동이 활발한 연구기관은 김일성종합대학, 국가과학원, 김책공업종합대학, 리과대학임을 파악할 수 있었다.

### ABSTRACT

The research analyzed the collaborative research network based on the data of international academic papers in order to understand the structure of production of scientific knowledge by North Korean scientists. According to the analysis results, the subject areas of research were concentrated on basic science fields such as physics, mathematics and chemistry. The main collaborative research collaboration with North Korea is China, and the phenomenon has become stronger since Kim Jong Eun era. Major joint research in physics has moved from Germany to China. Among the research institutions that actively engaged in academic activities, KIM IL SUNG UNIV, ACAD SCI DPRK, KIM CHAEK UNIV TECHNOL, and UNIV SCI among 32 research institutes belonging to North Korean researchers who published international academic papers.

키워드: 공동연구 네트워크, 지식생산, 과학기술, 북한 연구자

Collaborative Research Network, Knowledge Production, Scientific Technology,  
North Korean Researcher

\* 한국과학기술정보연구원 과학계량연구실 책임연구원(infor@kisti.re.kr) (제1저자)

\*\* 전북대학교 기록관리학교육원 강사(franchisca@daum.net) (교신저자)

\*\*\* 한국과학기술정보연구원 정보서비스실 책임연구원(hkchoi@kisti.re.kr) (공동저자)

논문접수일자 : 2016년 11월 18일 논문심사일자 : 2016년 12월 5일 게재확정일자 : 2016년 12월 12일  
한국비블리아학회지, 27(4): 205-227, 2016. [http://dx.doi.org/10.14699/kbiblia.2016.27.4.205]

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적과 방법

최근 연구자들의 상호작용에 대한 '연구자 네트워크' 또는 '사회 네트워크' 연구가 많은 관심을 가지고 다양한 학문분야에서 활발하게 연구가 진행되고 있다.

연구자 네트워크(research network)는 연구자들의 다양한 학술적 활동을 토대로 구성할 수 있으며, 주된 학술 활동은 학회, 포럼, 위원회 등과 같은 학술 커뮤니티 활동과 학술논문, 단행본, 보고서, 특허 등과 같은 학술문헌의 생산 활동 등을 통해 형성된다(이수상 2013). 사회네트워크란 다수의 연결 또는 연결되지 않은 개인(또는 기관)으로 이루어진 사회적 구조를 말하며, 이때 연결 여부는 친구관계, 성관계, 금융거래, 통신 빈도, 직무적 접촉, 정보 제공 등 관심 주제에 따라 다양하게 정의할 수 있다(이민희 외 2011).

본 연구에서는 이러한 연구자 네트워크 분석을 통해 북한의 과학자들의 학술 행태를 분석하여, 북한의 과학기술 현황, 즉 과학기술 역량 및 활동 상황 등을 파악하고자 한다. 북한은 로켓 발사 등 과학기술의 발전이 이루어지고 있으나, 북한 과학자들의 학술활동에 대한 국내 연구는 거의 없어서, 연구자 네트워크 분석을 통해 북한의 과학자들에 대한 학술 활동에 대해 분석하고자 한다. 북한은 2012년 김정은 집권 이후 '지식경제'를 천명하면서 과학기술을 중시하는 것은 북한이 직면한 에너지와 식량 문제를 해결하고, 강성국가를 건설하는데 과학기술이 중요하다는 것을 인식하고 있다(이춘근, 김종선 2015). 그

러므로 김정은 집권 이후의 북한 과학기술 정책 변화가 과학기술 지식생산 형태에 끼친 영향을 연구자 네트워크 분석을 통해 파악하고자 한다.

북한의 국제학술 활동 현황을 살펴보면 다음과 같다. 북한은 2004년 10편의 논문으로 처음으로 두 자릿수 논문을 발표한 이후 꾸준히 10~20편씩 국제 학술지에 모습을 드러냈다. 북한은 2003년과 2008년, 2·3차 과학기술발전 기본계획을 연달아 수립하며 과학자들의 해외 교류는 물론 과학에 대한 투자를 강조하고 있다. 중국과 베트남을 비롯해 미국과 네덜란드 등 서방 국가와의 협력도 강화하면서 외연을 넓히고 있다(원호섭 2014). 지난해 북한 과학자들은 국제 학술지에 역대 가장 많은 논문을 발표한 것으로 나타났다. 3대 세습과 강성대국론을 합리화하기 위한 국가적 지원, 과학분야 세계 2강으로 급부상한 혈맹 중국의 영향으로 풀이된다. 북한의 논문이 급증한 데는 중국의 영향이 가장 컸으며, 대부분 중국과학원 등 중국 정부가 지원하는 프로젝트의 결과물이었다. 그러나 북한 과학자들이 자질 면에서는 결코 뒤지지 않는다는 것이 국제과학계의 평가다. 2012년 6월 그리스에서 열린 해양기술 분야 최대 학회인 '국제 해양 및 극지공학회(ISOPE)' 연례 학술대회에서 북한 과학원 레이저연구소의 권용혁 박사가 '최고 학생 논문상'(Best student award)을 수상했다(이길성 2013).

본 연구는 북한 과학자의 공동연구 네트워크를 국제학술논문의 공저자 관계를 이용하여 분석한다. 북한 과학자의 연구 네트워크가 지니고 있는 구조적 특징을 밝히고, 각 기관이 북한 과학기술 공동연구 네트워크에서 차지하는 위치를 측정하였다. 이를 위해 2005년부터 2015년

까지 11년 동안 Web of Science에 색인된 북한의 과학자가 발표한 논문 데이터를 수집한 후, 기관 단위에서 공저자 네트워크를 분석하였다. 2005년부터 데이터를 수집하여 분석한 이유는 최현규(2006)가 1985년~2005년까지의 데이터로 선행연구를 진행하였기 때문에 이후 시기의 데이터를 수집하여 분석하였다. 시기별 차이를 알아보기 위해 위하여 김정은 집권 이전(2005~2011)과 집권 이후(2012~2015)로 구분하여 공저 네트워크를 비교함으로써 두 시기 간 공동연구 경향의 변화를 살펴보았다.

김정은 집권 이전(김정일 정권시기)과 이후(김정은 정권시기)로 구분하여 분석한 이유는 2012년 공식 등장한 김정은 김정일 정권에 이어 과학기술을 최대 국사로, 국가발전의 '천하지대본'으로 강조하고 있다(강영실 2016). 김정은은 경제제건과 관련하여 집중 육성분야를 발표하면서 과학기술 분야를 적극적으로 육성하고자 하고 있다. 이러한 정책변화를 국제학술논문을 통해 파악하고자 두 시기를 구분하여 분석하였다.

공동연구 네트워크는 연구 커뮤니티에서 암묵적 지식을 획득하는데 매우 적절하며, 숨겨져 있거나 드러나지 않은 정보를 유형화함으로써 과학적 지식이나 기술발전에서 학술적 기여를 높일 수 있는 수단이 될 수 있다. 또한 연구개발의 위험을 분산시키는 정보로도 활용될 수 있다. 공동연구 네트워크를 통해 형성된, 기관에 대한 유형화된 정보는 특정 지식집단의 형태, 동향, 지식의 흐름 등을 파악할 수 있도록 하기도 하고, 지식집단의 협력 네트워크와 사회적 관계를 밝히는데 유용하게 사용되기도 한다(김용학 외 2007; 임혜선, 장태우 2012).

공동연구 네트워크는 연구 목적에 따라 복잡한 네트워크의 본원적 특징과 역동성에 대한 연구와 시간에 따른 네트워크 유형의 위상 변화를 이해하기 위한 연구로 구분된다. 본 연구에서는 북한 과학자들의 공동연구를 통한 과학기술 지식생산 행태를 조사하였다. 즉, 북한의 연구기관들이 과학기술 지식을 생산하는데 서로 어떻게 협력하고 있는지 등을 살펴봄으로써 국가적 차원에서 북한의 지식 생산 활동을 파악하는데 도움이 될 정책적 시사점을 찾을 수 있을 것이다.

## 1.2 선행연구

북한 연구자들에 대한 연구자 네트워크 분석이나, 학술지 저자분석을 통한 연구는 거의 없으며, 최근 북한의 과학기술 및 연구에 대한 동향, 조사 분석 연구도 거의 없는 실정이다.

북한 과학기술 동향 분석 연구로 최현규(2006)는 1985년부터 2005년까지의 북한의 학술문헌 분석을 통해 연구기관별, 주제별 발표논문수를 조사하였다.

강현무(2007)는 발명특허정보를 활용하여 북한의 기술동향을 분석하였다. 이 연구는 1984년부터 2003년까지의 발명특허 정보를 분석하여, 출원인별 연구 분야, 주제 분야별 출원 건수, 출원인별 출원 동향 등에 대해 분석하였다.

본 연구에서 분석 방법으로 사용하는 사회네트워크 분석, 공저 논문 네트워크 분석에 대한 선행 연구는 의학, 경영, 행정학, 응용통계, 물리, 무용예술 등 다양한 학문 분야에서 진행하고 있다.

이민희 외(2011)는 2000년부터 2010년까지

11년간 응용통계연구에 실린 논문의 공저자 네트워크 분석을 통해 응용통계분야의 연구네트워크의 특성을 분석하였다.

최명제 외(2015)는 '신경정신의학'의 연구네트워크 특성을 분석하기 위해, 신경정신의학회지를 대상으로 공저자 네트워크 분석을 실시하여 저자와 소속 기관간 네트워크 구성 정도, 중심성 연구와 상관분석을 실시하였다.

문헌정보학 분야에서는 이수상(2011)이 문헌정보학 분야 4개 학술지를 대상으로 공저 네트워크 속성 연구를 수행하였다. 이를 통해 공저 빈도의 변화에 따른 네트워크의 구조의 변화, 결속연구집단에 해당되는 21개의 공저자 쌍, 공저자 쌍에서 생산한 논문에서 공저의 주제적 연관성에 대해서 분석하였다.

이 연구에서는 이와 같은 연구자 네트워크 특히 공저자 네트워크 분석 방법을 활용하여 북한의 과학기술분야 연구 동향 및 연구기관의 특성을 분석하였다. 국제적으로 그 영향력을 인정받고 있는 학술지에 발표된 논문 분석을 위해 Web of Science에 색인된 논문을 이용하여 과학기술분야에서 북한 과학자의 연구 활동을 파악하였다. 또한 국가, 기관 단위에서 공동연구 네트워크로 분석하여 북한의 국제 연구협력 네트워크를 분석하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 공동연구 협력의 증가

과학기술분야 연구자들간 협력을 설명하기 위해서 공저 논문 분석(co-authorship analysis)을

많이 이용하고 있다. 과학자들은 동료 연구자와 협력하여 연구를 수행하는데 최근 과학기술 분야에서 협력이 많이 증가하고 있다.

사회·경제적 현상의 복잡화 및 다양화로 인해 단일 부문 또는 단일 기관별 독립적인 연구만으로는 새로운 혁신을 창출하기 어려워짐에 따라 다양한 학문분야 간 공동연구 또는 서로 다른 기관 간의 공동연구의 필요성이 급격히 높아지고 있다.

과학기술분야 연구자들간 협력이 증가하는 이유는 연구수행과정에서 발생하는 비용의 급격한 증가, 특히 첨단분야에서 장비를 완비하는데 소요되는 비용의 증가를 하나의 원인으로 보고 있다(Katz and Martin 1997). 즉, 연구자들 각자가 연구에 필요한 장비를 모두 확보할 수 없기 때문에 각자 보유하고 있는 장비를 공동하는 사용하는 것이 연구생산성 측면에서 유리하기 때문에 연구자들간 협력이 촉진된다.

장비구입비용과 함께 연구자들이 습득하고 있는 지식과 기술이 점차 세분화되어 가는 것도 연구자들간 지식교류를 통한 협력을 촉진시키고 있다. 무엇보다도 고급지식은 연구자들간 사회적 상호작용에 의해 생산될 가능성이 높기 때문에, 연구자들은 연구 성과를 극대화하기 위해서 다른 연구자들과 협력한다(이중만, 최민석 2010).

또한, 공동연구에 영향을 미치는 요인들로는 국제공동연구 프로그램, 연구분야의 지리적 범위(로컬 또는 국제), 과거 연구수행방식에 대한 경로의존성 등이 있다.

### 2.2 공동연구 네트워크의 중심성

네트워크 분석에서 노드들이 서로 연결되어

있는가 여부를 분석하는 것이 중요하다. 네트워크의 모든 노드가 서로 연결되어 있을 수도 있으나, 경우에 따라 일부 노드들은 연결되지 않고, 별도의 그룹을 형성할 수 있다. 네트워크 분석에서 서로 연결된 노드들의 묶음을 컴포넌트라고 한다. 즉, 컴포넌트란 한 네트워크에 소속된 노드들끼리 하나의 연결체계를 형성하는 하위 네트워크를 말한다(손동원 2002).

컴포넌트 분석을 통해 전체 네트워크가 몇 개의 하위 네트워크로 이루어져 있는지를 파악할 수 있고, 이를 통해 네트워크 내 정보의 흐름이 원활한지 또는 그렇지 않아 하위집단간 교환 가능성에 있는지 여부 등을 분석할 수 있다(이민희 외 2011).

본 연구에서는 네트워크의 구조적 속성과 연구기관의 네트워크에서의 각자의 위치를 계산해내기 위해 연결 중심성(degree centrality), 인접중심성(closeness centrality), 매개 중심성(betweenness centrality), 위세중심성(Eigen centrality)을 구하여 비교하였다.

네트워크에서 중심성(centrality)은 소셜 네트워크에서 개인이 가지는 권력과 영향력을 나타내는 개념으로 개발되었다. 사회 네트워크에서 행위자가 전체 네트워크에서 중심에 위치하는 정도를 표현하는 지표가 바로 중심성이다. 중심성을 분석하여 네트워크에서 중요한 역할을 하거나 주목받는 행위자를 알 수 있는데, 중심성이 높은 행위자를 중심노드 또는 허브노드라고 한다(이수상 2013).

연결정도 중심성(degree centrality)은 한 노드가 많은 연결을 가질수록 더욱 많은 권력을 가진다는 기본적인 믿음에 근거한다. 연결정도 중심성은 노드가 네트워크의 중심에 위치하는

정도를 계량화한 것으로, 높은 연결정도를 가지는 노드는 네트워크에서 중심적인 역할을 하고 있음을 의미한다. 많은 연결을 가진 노드는 선택의 폭이 넓기 때문에 더욱 많은 기회를 가진다고 볼 수 있다(Bonacich 1987; 이수상 2013; 전희주 2015).

근접 중심성(closeness centrality)은 인접중심성이라고도 하는데, 한 노드가 다른 노드에 얼마만큼 가깝게 있는가를 보는 것으로 한 노드가 얼마나 네트워크의 중앙에 있는지를 측정하여 다른 노드들과의 근접 정도를 보여준다. 근접 중심성을 통해서 네트워크 전역에서 가장 일반적인 영향력을 가지는 노드를 파악할 수 있다. 네트워크에서 가장 중심에 있는 노드는 자신이 가진 자원을 가장 빠르게 전체 네트워크에 확산시킬 수 있음을 의미한다(이수상 2013).

매개 중심성(betweenness centrality)은 사이중심성이라고도 하며, 한 노드가 다른 노드와 네트워크를 구축하는데 있어 중개자 혹은 다리 역할을 얼마나 수행하느냐를 측정하는 개념으로 중개역할을 '중심'으로 간주한다. 매개 중심성은 한 노드가 네트워크 내의 다른 노드들 사이에 위치하는 정도를 측정하는 것으로, 한 노드가 네트워크의 다른 노드들에 대한 중재역할의 중요성이 클수록, 네트워크의 흐름을 제어할 수 있는 통제력이 그만큼 커진다는 것을 의미한다(이수상 2013; 전희주 2015).

위세중심성은 파워중심성(power centrality)과 고유벡터중심성(eigenvector centrality) 등이 있다. 위세중심성은 노드의 중심성을 이웃하고 있는 노드의 중심성으로 계산되며, 개별 행위자의 중심성과 해당 노드와 연결된 다른 노드의 중심성 지표를 함께 고려한 것으로, 중심성이

높은 노드와 이웃할수록 그 위세중심성은 커지게 된다(전희주 2015).

### 3. 데이터 수집 및 연구방법

#### 3.1 분석대상 데이터의 수집

본 연구는 북한의 과학자가 국제적으로 유통되는 학술지에 발표한, 그리고 SCIE에 색인된 논문을 분석하여 북한 과학기술 지식의 생산구조를 파악하였다. 이를 위해 2005년부터 2015년까지 국제학술지에 발표된 북한 과학자의 논문을 Web of Science(이하, WoS)에서 추출하였다. WoS 데이터베이스에서 저자의 주소 정보에 “north korea” 또는 “pyongyang”를 포함하고 있는 논문 265건 중에서 correction, letter, meeting abstract 5편을 제외한 원저논문(article)과 리뷰논문(review) 260건을 최종 분석대상으로 선정하였다.

데이터는 2005년부터 2015년까지를 김정은이 출현한 시점을 기준으로 이전과 이후 두 시기로 구분하였다. 2005년부터 2011년까지 7년을 제 1시기 김정일 시기, 2012년부터 2015년까지 4년을 제 2시기 김정은 시기로 설정해 이 두 시기 간 변화를 비교하여 살펴보았다.

북한 과학자들이 논문을 발표한 학술지는 183종이었다. 단 한편의 논문만 발표한 학술지가 141종, 2편을 발표한 학술지가 24종으로 전체 학술지의 90%를 차지한다. 분석기간인 2005년부터 2015년까지 11년 동안 3편 이상의 논문을 발표한 학술지는 18종에 불과했다.

#### 3.2 데이터 정제 및 표준화

이 논문에서 분석대상 항목은 저자의 국가, 소속기관, 주제분야이다. 데이터 분석시 가장 기본이 되는 과정은 데이터 정제작업으로 국가, 기관, 저자에 대해 오기입 정보를 수정하고, 다양하게 표기되어 있는 기관명과 북한 과학자의 이름에 대해 하나의 기관명으로, 저자명으로 대표명화하는 작업을 수행했다.

##### 3.2.1 국가명 정제

WoS 데이터베이스에서는 북한, 한국, 중국의 과학기술논문의 국가정보가 잘못 기입되어 있는 경우가 흔히 발생한다. WoS 데이터베이스에는 논문 저자의 주소에 평양이 도시명으로 기입되어 있으면서 국가는 한국으로 기재되어 있거나, 화성, 울산, 판교 등의 도시명이 기입되어 있으면서 국가는 북한으로 되어 있는 경우가 있다. 이 때문에 실제 논문과 대조하여 저자의 주소 정보를 확인한 후, 북한의 과학자가 발표한 논문인지 파악해 데이터를 정제하는 작업을 수행하였다.

##### 3.2.2 기관명 정제

WoS 데이터베이스를 살펴보면 2005년 이전 데이터는 저자명과 저자소속기관이 연결되어 있지 않다. 기관명 분석을 위해서 논문에서 저자의 소속 기관명을 찾아 데이터를 보완하였다. 그리고 다양하게 표기된 기관명을 하나의 대표 기관명으로 통일하는 작업을 수행하였다. 하나의 기관명이 여러 가지로 기입되는 것은 주로 데이터베이스에 데이터를 입력할 때 발생하는 오류인 것으로 나타났다.

국제 공저논문에 나타난 북한의 과학자 중에는 저자의 소속기관으로 북한과 함께 해외 기관을 병기하고 있는 과학자가 대다수였다. 이는 북한의 과학자가 실제로 해외의 공동연구 기관에서 다른 연구자들과 함께 연구를 수행하고, 인적 교류가 이루어지면서 과학기술 지식을 생산했음을 보여준다.

### 3.2.3 저자명 정제

대부분 논문 데이터를 이용한 연구에는 항상 저자를 어떻게 식별할 것인가에 대한 이슈가 항상 존재한다. 저자식별과 관련되어 있는 대표적인 오류는 동명이인의 오류와 이명동인의 오류가 있다. 북한 과학자의 경우 동일인인데도 불구하고 이름이 다르게 표기되어 동일인이 아닌 것으로 간주되는 이명동인의 오류가 다수 발생했다.

〈표 1〉 북한 과학자의 저자명 기입 사례

AU 필드	AF 필드	C1 필드
Hyn, CS	Choe, Sunghyn	Hyn, Choesung

실제로, WoS에는 한 건의 논문에 저자명과 관련하여 3개 필드(AU, AF, C1)가 존재한다. 그런데 〈표 1〉에서 보는 바와 같이 각 필드에 색인된 동일한 저자명의 기입 형태가 각기 다르므로, 육안으로 확인해가면서 저자명을 정제 작업을 거쳤다. 특히, 동양인 저자명의 경우 데이터 정제작업에 많은 시간과 노력이 요구된다. WoS에는 CJK 국가의 저자가 다양한 형태로 입력되어 있기 때문이다. 성, 이름이 뒤바뀌어 입력되어 있거나 중간 이름이 성으로 기입되기도 한다. 풀네임(full name)이 아닌 저자의 성

과 이름의 약기명 형태로 기입된 경우, 동명이인이 출현할 가능성이 높아진다. AU 필드에서는 저자명이 “성, 이름 약기명” 형태로 표현되어 있으므로, AU 필드를 이용할 경우 분석 결과를 해석할 때 저자를 정확하게 파악하기 어렵다. 또한 CJK 국가 저자의 경우 저자명 필드(AF)와 저자소속기관 필드(C1)에 있는 저자명이 완전히 일치하지 않으므로 저자명과 기관명을 확인하는 과정이 필요하다.

저자명이나 기관명이 다양하게 기입되는 원인을 살펴보면, 첫째, 논문 투고시 CJK 문자로 된 저자명이나 기관명을 영문으로 바꾸면서 발생하기도 하며, 둘째, 데이터베이스 입력시 잘못된 오철자가 발생하기도 한다. 셋째, 학술논문에는 성-이름순으로 표기되어 있는 한국인이거나 중국인 저자의 경우, 데이터베이스에 입력될 때 이름이 성으로 바뀌기도 한다. 데이터 입력자들은 저자가 표기한 그대로 데이터를 입력하기 때문이다.

### 3.3 분석도구

네트워크 분석에 필요한 네트워크 파일을 생성하는데 KISTI가 개발한 KnowledgeMatrix Plus를 사용하였으며, 중심성 분석 및 커뮤니티 분석에는 Gephi 0.8.2를 사용했다. Knowledge Matrix는 저자-저자의 관계, 기관-기관의 관계로 표현되는 1-mode 네트워크뿐만 아니라 기관-키워드 2-mode 네트워크도 공저논문을 기반으로 계산한다. 네트워크 분석의 주요 요소 중 하나는 데이터를 2차원 또는 3차원 공간에 시각화하는 것이다. 시각화 알고리즘으로는 force-directed 알고리즘, Kamada-Kawai 알고리즘,

MDS 등 여러 가지가 있다. 본 연구에서는 네트워크를 작성할 때 Gephi가 제공하는 force-directed 알고리즘, Kamada-Kawai 알고리즘을 사용하였다.

#### 4. 북한 과학기술논문 분석 결과

##### 4.1 연도별 분석

2005년부터 2015년까지 북한의 과학자가 발표한 논문은 총 260편이다. 2005년부터 북한 과학자가 발표한 논문의 수는 꾸준히 증가 추세를 보이고 있으며, 2005년부터 2015년까지 논문의 연평균증가율(CAGR)은 19.4%이다 (<표 2> 참조).

2015년의 경우 전년 대비 2.7배 늘었고, 11년

간의 논문 건수의 25%를 차지할 정도로 대폭 증가하였으며, 북한 내 공저는 2008년 1편 이후 2014년부터 나타나기 시작하였다.

북한 과학자의 논문 260편에 대한 저자별 분포를 살펴보면 <표 3>과 같다.

단독 저자의 논문은 8편으로 3.1%에 불과하며, 2인 이상의 공저 논문이 96.9%이다. 또 해외 연구자와의 국제협력 방식의 공저 논문은 87.7%로 그 비중이 높다. 이를 통해, 북한 과학자들의 국제학술논문은 대부분 해외 과학자들과의 공동 연구방식으로 이루어졌음을 알 수 있다.

##### 4.2 주제분야별 분석

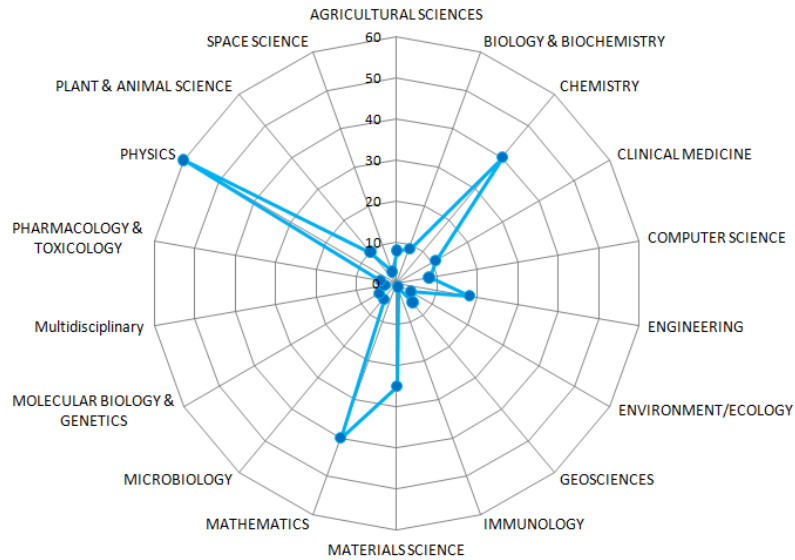
북한 과학자가 발표한 국제 학술논문을 살펴볼 때 연구 분야의 편중 현상이 두드러지게

<표 2> 북한의 단독논문 및 국제협력 논문의 연도별 현황

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	계
북한	단독	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	6	8
	공저				1						8	15	24
국제 협력		11	7	17	15	17	28	15	38	19	17	44	228
계		11	7	17	16	17	28	16	38	20	25	65	260

<표 3> 북한의 과학기술 논문 저자수 구분

구분	논문수	비율
총 논문수	260	
단독저자 논문	8	3.1%
공저자 논문	252	96.9%
2인 이상	252	96.9%
3인 이상	216	83.1%
4인 이상	158	60.8%
5인 이상	115	44.2%
총 저자수(명)	1315	
논문1편당 저자수	5.06	



〈그림 1〉 북한의 과학자가 발표한 국제학술 논문의 주제 분야별 분포

나타났다. 북한 과학자는 물리학, 화학, 수학 분야에서의 연구가 활발하며, 농학, 생물학, 식물학, 의학, 면역학, 신경과학, 환경공학 등의 연구는 미미한 것으로 나타났다(〈그림 1〉 참조).

#### 4.3 기관별 분석

2005년부터 2015년까지 발표된 SCIE DB에 수록된 국제학술논문에 저자로 출현한 북한의 과학자가 소속한 기관은 총 32개로 나타났다(〈표 4〉 참조).

〈표 4〉 북한 주요기관의 연도별 국제학술논문 발표

	기관명	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	계
1	김일성종합대학	9	3	8	5	6	13	3	10	6	17	36	116
2	국가과학원	1	1	4	2		3	2	14	7	1	7	42
3	김책공업종합대학		3	3	2	2	3	1	8	3	2	7	34
4	리과대학	1		1		1	5	4	4	1	2	7	26
5	농업과학원				2	4	1	1	1		2		11
6	함흥화학공업대학			1	1	3			1				6
7	계응상농업대학				3				1		1		5
8	김형직사범대학					1				2		1	4
9	평양농업대학				2	1			1				4
10	평양의학대학				1		1	1				1	4

북한 과학기술의 연구개발에서 김일성종합대학, 국가과학원, 김책공업종합대학, 리과대학이 주도적인 것으로 나타났으며, 이들 4개 기관이 발표한 논문은 218편으로 83.8%에 달한다. 김일성종합대학은 전체 260편의 논문 중 45.4%를 가장 많은 논문을 발표했으며, 국가과학원(16.2%), 김책공업종합대학(13.1%), 리과대학(10%), 농업과학원(3.8%) 순으로 나타났다. 김일성종합대학에 평양농업대학, 계응상농업대학, 평양의학대학이 2010년에 통합된 것을 감안하면, 김일성종합대학의 논문 점유율은 49.6%에 달한다. 북한의 국제학술논문(SCIE)의 절반 가량이 김일성종합대학에서 생산된 것으로 이는 김일성종합대학이 북한의 연구개발 및 국제협력을 주도하고 있음을 보여준다.

기관별 주요 연구분야를 살펴보면, 김일성종합대학은 물리학, 수학, 화학 분야에서 활발한 연구를 수행한 것으로 나타났다(〈표 5〉 참조).

김책공업종합대학은 재료과학과 화학분야에서, 국가과학원은 물리학과 수학분야에서, 리과대학은 물리학분야에서 활발한 것으로 나타났다.

#### 4.4 국제협력 분석

북한의 과학자들의 주요 국가별 공동 연구 수행 결과는 〈표 6〉과 같다.

북한의 과학자가 논문 공동 저자로 참여한 국제 협력 연구를 수행한 국가는 25개국이며, 3편 이상의 논문이 있는 경우는 8개국이며, 주로 중국과 독일이었다. 북한이 국제협력 논문을 발표한 228편 논문 중 86.5%가 3개 국가(중국, 독일, 호주)의 연구진과 협력한 것이다.

북한은 중국과 지속적인 협력 추세를 보이다가, 2012년과 2015년에 북한과 중국간 국제협력 논문이 대폭 증가했다. 독일도 꾸준한 협력

〈표 5〉 북한 주요기관의 주제분야별 국제학술논문 발표

기관명	농업과학	생물학과생화학	화학	임상의학	컴퓨터과학	공학	환경/생태학	지구과학	면역학	재료과학	수학	미생물학	분자생물&유전학	학제분야	약학및독성학	물리학	식물및동물학	우주과학	계
1 김일성종합대학	3	2	14	5	7	8	1		1	8	18	5	3	2	3	31	3	2	116
2 국가과학원	2	2	4		1	4		2		1	9			1		14	1	1	42
3 김책공업종합대학			11		1	3		3		13	2					1			34
4 리과대학		2				1					9					14			26
5 농업과학원	3	1					2											5	10
6 함흥화학공업대학	2						2											2	6
7 계응상농업대학			4							1									5
8 김형직사범대학			1									1				2			4
9 평양농업대학	2						1											1	4
10 평양의학대학		2	1	1															4

〈표 6〉 주요 국가별 공동 연구 수행 연도별 추이

국가	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	계
중국	9	7	12	10	9	14	9	25	14	13	38	160
독일	2		5	3	4	13	2	9	6	3	4	51
호주	1	1	1	1	4	1	2	1				12
미국				1			1			1	2	5
오스트리아								2			1	3
말레이시아						1	2					3
네덜란드							1	1		1		3
한국								2			1	3
기타(17국)				1	3	3		5	1	5	4	22
	12	8	18	16	20	32	17	45	21	23	50	

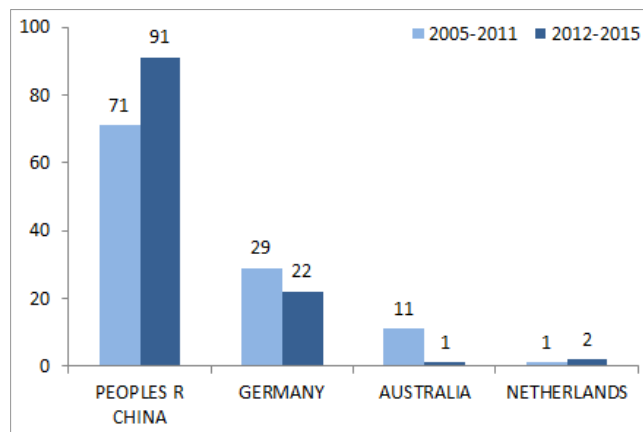
이 진행되고 있으나 감소 추세에 있고, 주요 협력국이었던 호주의 경우 김정은 시기가 시작한 2012년 이후에는 없고, 네덜란드도 2015년에 1편의 협력 논문만 있다(〈그림 2〉 참조).

북한의 과학자들이 주로 공동 연구한 해외 연구 기관은 〈표 7〉과 같다.

2011년 이전에 북한과 국제협력논문을 가장 많이 발표한 기관은 중국의 상해교통대, 무한대학, 그리고 북경사범대학 순이었으며 이들 기관

은 김일성종합대학과 국제협력 논문을 가장 많이 발표했다. 상해교통대는 김책공업종합대학과 국제협력 논문을 다수 발표했다.

2012년 이후 북한과 국제협력논문을 가장 많이 발표한 기관은 중국의 길림대학이며, 그 다음은 절강대학, 동북대학, 중국과학원 등으로 논문 수가 10개 이상인 기관 중 독일이 하나 있고 나머지는 모두 중국의 대학 또는 연구기관이었다.



〈그림 2〉 주요 국가별 공동 연구 수행 시기별 비교

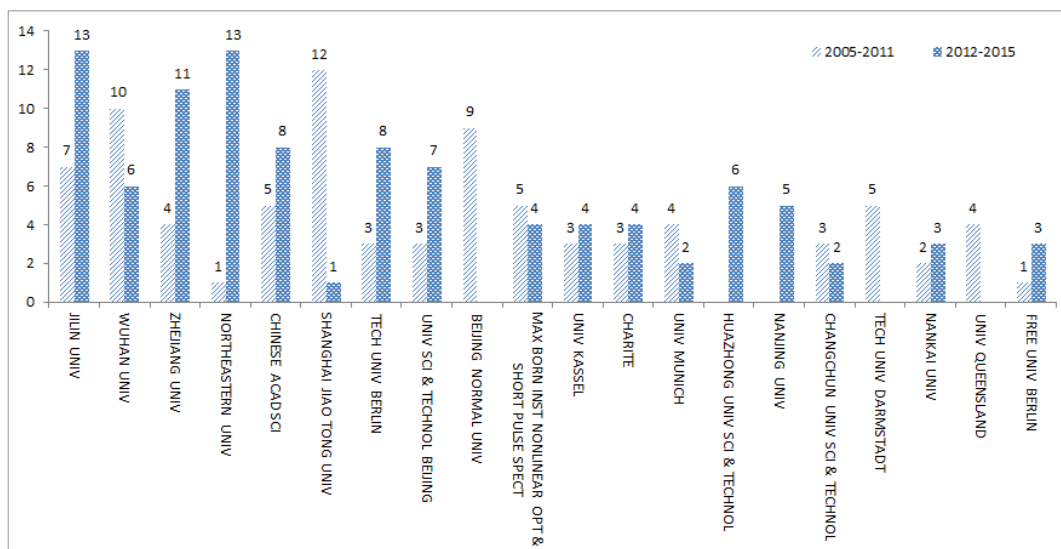
〈표 7〉 주요 공동 연구 기관 현황

번호	공동연구기관	2005~2011	2012~2015	2005~2015
1	길림대학 (중국)	7	13	20
2	무한대학 (중국)	10	6	16
3	절강대학 (중국)	4	11	15
4	동북대학 (중국)	1	13	14
5	중국과학원 (중국)	5	8	13
6	상해교통대 (중국)	12	1	13
7	TECH UNIV BERLIN (독일)	3	8	11
8	북경과기대학 (중국)	3	7	10
9	북경사범대학 (중국)	9		9
10	MAX BORN INST NONLINEAR OPT & SHORT PULSE SPECT (독일)	5	4	9

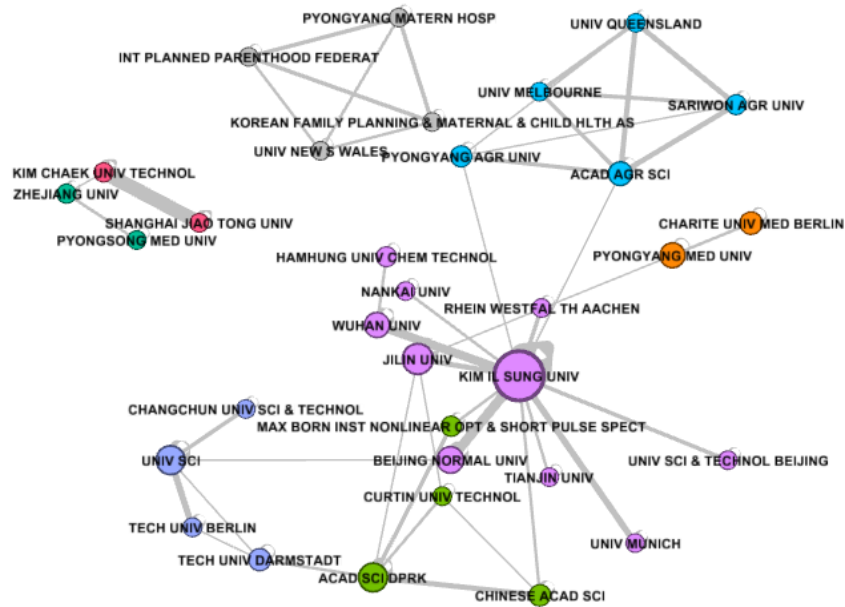
특히 동북대학(NORTHEASTERN UNIV), 길림대학(JILIN UNIV), 남경대학(NANJING UNIV), 화중과학기술대학(HUAZHONG UNIV) 등은 ‘김정은 시기’에 들어서 공동연구 현황이 급격이 늘어나고 있다(〈그림 3〉 참조).

〈그림 4〉와 〈그림 5〉를 보면, 김정은 시기에

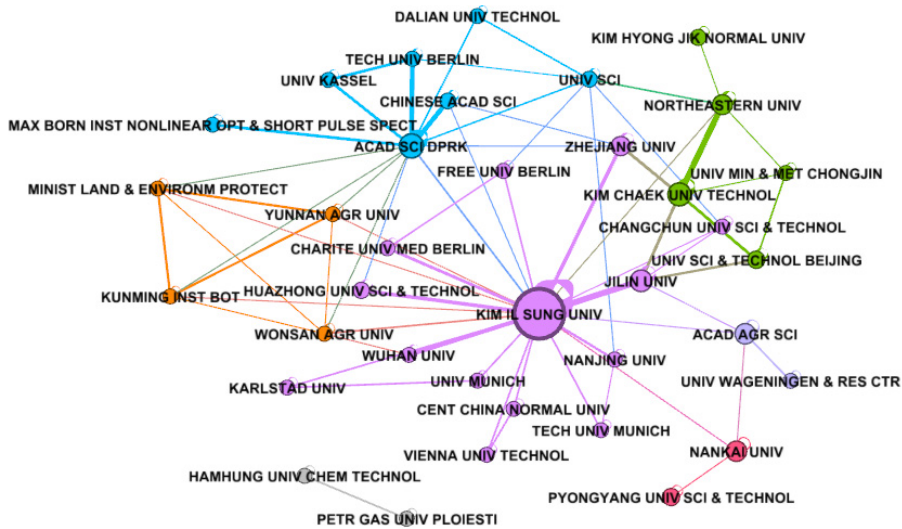
김일성종합대학(KIM IL SUNG UNIV)은 중국의 길림대학, 절강대학(ZHEJIANG UNIV), 중국과학원(CHINESE ACAD SCI), 남경대학과 공동연구를 활발하게 추진하고 있음을 알 수 있다. 또 다른 북한 기관으로 김책공업종합대학(KIM CHAEK UNIV TECHNOL)은 길



〈그림 3〉 주요 공동 연구 기관의 시기별 변화 추이



〈그림 4〉 김정일 시기 공동연구 네트워크



〈그림 5〉 김정은 시기 공동연구 네트워크

림대학과 절강대학과, 국가과학원(ACAD SCI DPRK)은 중국과학원과, 리과대학(UNIV SCI)은 중국의 남경대학과 공동연구를 진행하고 있

었다. 김정일 시기에는 없던 화중과학기술대학이 김정은 시기에 김일성종합대학과 공동연구를 수행한 것이 눈에 띈다. 한편 중국의 상해교

통대학(SHANGHAI JAO TONG UNIV)과 경사범대학(BEIJING NORMAL UNIV)의 경우, 공동연구 논문이 한 편 또는 아예 없어서 이 두 기관과 북한 사이에 인적교류나 공동연구가 실제로 미미한 수준에 머무른 것으로 추정할 수 있다.

전반적으로 보면 김일성종합대학은 시기에 관계없이 다수의 해외 기관과 공동연구 논문을 발표했으며, 국가과학원과 중국과학원간에 지속적인 국제협력이 이루어지고 있다. 한편, 김정일 시기와 김정은 시기를 비교해보면 김책공업종합대학은 상해교통대학서 동북대학으로, 리과대학은 독일의 연구기관에서 중국 연구기관으로 국제협력기관이 이동했다.

## 5. 공동연구 네트워크 분석

공동연구 네트워크를 분석하기 위해 단독저자 논문 8편과 공저자수가 83명, 46명인 논문 2편을 제외한 총 250편의 논문을 공동연구 네트워크 분석 대상으로 선정하였다. 현 북한의 김정은 집권에 따른 연대별 분석을 위해 2005~2011년을 제1시기로 '김정일 시기', 2012~2015년을 제2시기로 '김정은 시기'로 구분하여 공동연구 네트워크를 살펴보았다.

### 5.1 네트워크의 구조적 속성

네트워크 구조의 특징을 나타내는 지표로는 네트워크 크기인 노드의 수와 링크의 수, 네트워크 밀도, 연결정도, 연결거리, 평균거리, 직경, 컴포넌트의 수, 상대적 포괄성, 절대적 포괄성,

추이성, 상호연결성과 군집계수를 들 수 있다.

네트워크 밀도는 네트워크에서 노드들 사이에 연결된 정도를 말하며, 전체 노드들이 연결된 개수를 말한다. 밀도는 네트워크를 형성하는 관계가 얼마나 응집되어 있는지를 설명한다. 네트워크 밀도가 높다는 것은 네트워크 내에서 노드간 연결이 많을수록 밀도가 높다고 하며, 밀도가 높은 네트워크에 대해 일반적으로 응집력이 높다고 할 수 있으며, 서로 긴밀하게 연결되어 상호간 도움이나 교류가 많음을 내포한다. 밀도는 0과 1의 범위에서 값을 가지며, 밀도가 0이라는 것은 연결선이 하나도 없는 네트워크이고, 1은 모든 노드들이 서로 연결되어 있다는 의미이다. 밀도가 높은 네트워크일수록 그 네트워크 노드들간에 신뢰와 협력의 정도가 더욱 높은 경향을 보인다(Coleman 1988; 전희주 2015; 김은주 외 2016).

〈표 8〉은 북한 과학자의 공동연구 네트워크가 갖는 구조적 속성을 김정일 시기(2005~2011)와 김정은 시기(2012~2015)로 구분하여 비교하여 정리하였다.

전체 기관 네트워크에서 기관 노드는 김정일 시기 84개에서 김정은 시기 96개로 증가했다. 공저관계를 의미하는 링크 역시 220개에서 318개로 증가했다. 이전 7년과 비교해 볼 때 김정은 시기 4년 동안 공동연구 기관의 수가 증가하였으며, 공동연구 기관간 공저 활동도 증가했음을 확연히 보여준다.

전체 네트워크에서 네트워크의 밀도는 김정일 시기 0.063에서 김정은 시기 0.070으로 증가했으나 낮은 편이다. 네트워크의 크기를 파악하는 지표로 평균거리와 직경이 있다. 평균거리는 모든 노드 쌍의 평균 최단거리이며, 지표

〈표 8〉 북한 주요 연구기관의 공동연구 네트워크 속성

네트워크속성	김정일 시기(2005~2011)	김정은 시기(2012~2015)
Nodes	84	96
Edges	220	318
Average Degree	5.238	6.625
Avg. Weighted Degree	16,571	19,688
Network Diameter(직경)	7	6
Average Path Length(평균경로거리)	3.379	2.79
Density(밀도)	0.063	0.070
Modularity	0.746	0.612
Weakly Connected Components(컴포넌트수)	4	4
Average clustering co-efficient	0.56	0.705
Total Triangles	112	367

는 네트워크 내의 노드들간의 거리 중에서 가장 긴 것이 얼마나 되는지를 나타낸다. 북한의 평균 경로거리는 3.379에서 2.79로 줄어들었으며, 이는 Newman(2001)이 좁은 세상 네트워크에서 말한 공저자들간 평균경로거리가 4~9 정도인 것에 비하면, 매우 좁은 네트워크를 나타내고 있음을 알 수 있다.

컴포넌트의 수는 한 네트워크 안에서 나타나는 컴포넌트의 개수를 말하며, 김정일 시기와 김정은 시기에 각기 4개의 컴포넌트가 존재하고 있다. 각 컴포넌트는 공저 관계로 연결되는 기관들의 연구그룹을 의미한다.

### 5.2 핵심기관 분석

공동연구 네트워크를 구성하는 여러 기관 중에서 어떤 기관이 공동연구에서 핵심적인 역할을 수행하고 있는가를 파악할 수 있다. 이는 향후 기관별 공동연구 전략 수립 및 공동연구 활성화를 위한 정책 수립에 유용한 시사점을 도출할 수 있다. 제 2장에서 언급한 중심성 지수를 활용하여 북한의 공동연구 네트워크상에서 핵심기관을 도출하였다.

〈표 9〉는 ‘김정일 시기’, 〈표 10〉은 ‘김정일시기’의 공동연구 네트워크 중심 분석 결과이다.

〈표 9〉 공동연구 네트워크 내 중심성 상위 기관(2005~2011)

순위	Degree		Eigenvector Centrality		Betweenness Centrality		Closeness Centrality	
	Institution	Score	Institution	Score	Institution	Score	Institution	Score
1	KIM IL SUNG UNIV	26	KIM IL SUNG UNIV	1.00	KIM IL SUNG UNIV	1423.0	CABI EUROPE SWITZERLAND	1.00
2	ACAD SCI DPRK	15	ACAD AGR SCI	0.60	JILIN UNIV	549.67	CHINESE ACAD AGR SCI	1.00
3	UNIV SCI	13	PYONGYANG AGR UNIV	0.56	UNIV SCI	466.33	HEBEI ACAD AGR & FORESTRY SCI	1.00
4	ACAD AGR SCI	12	CHARLES STURT UNIV	0.47	ACAD SCI DPRK	462.17	INST PLANT PROTECT	1.00
5	PYONGYANG AGR UNIV	10	GBCIO	0.47	BEIJING NORMAL UNIV	364.17	INT PLANNED PARENTHOOD FEDERAT	1.00

순위	Degree		Eigenvector Centrality		Betweenness Centrality		Closeness Centrality	
	Institution	Score	Institution	Score	Institution	Score	Institution	Score
6	JILIN UNIV	9	WAGGA WAGGA AGR INST	0.47	WUHAN UNIV	298.00	KOREAN FAMILY PLANNING & MATERNAL & CHILD HLTH AS	1.00
7	KIM CHAEK UNIV TECHNOL	8	ACAD SCI DPRK	0.43	PYONGYANG MED UNIV	290.00	PYONGYANG MATERN HOSP	1.00
8	CHARITE UNIV MED BERLIN	7	JILIN UNIV	0.38	ACAD AGR SCI	232.83	UNIV NEW S WALES	1.00
9	CHARLES STURT UNIV	7	CHINESE ACAD SCI	0.33	CHARITE UNIV MED BERLIN	180.00	KIM CHAEK UNIV TECHNOL	0.71
10	CHINESE ACAD SCI	7	CURTIN UNIV TECHNOL	0.27	TECH UNIV DARMSTADT	165.83	ZHEJIANG UNIV	0.67
11	CURTIN UNIV TECHNOL	7						
12	GBCIO	7						
13	SARIWON AGR UNIV	7						
14	TECH UNIV BERLIN	7						
15	WAGGA WAGGA AGR INST	7						
16	WUHAN UNIV	7						
17	ZHEJIANG UNIV	7						

〈표 10〉 공동연구 네트워크 내 중심성 상위 기관(2012~2015)

순위	Degree		Eigenvector Centrality		Betweenness Centrality		Closeness Centrality	
	Institution	Score	Institution	Score	Institution	Score	Institution	Score
1	KIM IL SUNG UNIV	50	KIM IL SUNG UNIV	1	KIM IL SUNG UNIV	2604.00	HAMHUNG HYDRAUL & POWER UNIV	1.00
2	ACAD SCI DPRK	25	ACAD SCI DPRK	0.650213	ACAD SCI DPRK	677.62	NATL TAIPEI UNIV TECHNOL	1.00
3	ACAD AGR SCI	15	WONSAN AGR UNIV	0.529827	KIM CHAEK UNIV TECHNOL	592.87	NORTH CHINA ELECT POWER UNIV	1.00
4	KIM CHAEK UNIV TECHNOL	14	ACAD FORESTRY SCI	0.517247	JILIN UNIV	491.07	FUDAN UNIV	1.00
5	WONSAN AGR UNIV	13	CENT FORESTRY DESIGNING & TECH INST	0.517247	ACAD AGR SCI	404.00	GEN RED CROSS HOSP	1.00
6	ACAD FORESTRY SCI	12	KUNMING INST BOT	0.517247	NANKAI UNIV	400.00	HAMHUNG PHARMACEUT UNIV	1.00
7	CENT FORESTRY DESIGNING & TECH INST	12	MINIST LAND & ENVIRONM PROTECT	0.517247	NORTHEASTERN UNIV	365.28	HAMHUNG UNIV CHEM TECHNOL	1.00
8	KUNMING INST BOT	12	N HWANGHAE PROV FOREST MANAGEMENT BOARD	0.517247	ZHEJIANG UNIV	313.75	PAMUKKALE UNIV	1.00
9	MINIST LAND & ENVIRONM PROTECT	12	SARIWON KYE UNG SANG UNIV AGR	0.517247	UNIV SCI & TECHNOL BEIJING	169.92	PETR GAS UNIV PLOIESTI	1.00
10	N HWANGHAE PROV FOREST MANAGEMENT BOARD	12	WORLD AGROFORESTRY CTR	0.517247	PYONGYANG UNIV SCI & TECHNOL	167.00	KIM IL SUNG UNIV	0.63
11	SARIWON KYE UNG SANG UNIV AGR	12	YUNNAN AGR UNIV	0.517247				
12	WORLD AGROFORESTRY CTR	12						
13	YUNNAN AGR UNIV	12						

### 5.2.1 연결정도 중심성(Degree centrality)

연결정도는 노드간 직접적으로 연결된 링크의 수로 측정되며, 연결정도 중심성은 지역 중심성을 측정하는 지표로 사용된다. 네트워크에서 직접적인 연결이 많은 노드는 네트워크 내에서 선택의 폭이 넓기 때문에 더 많은 기회를 가지고 있으며, 동원할 수 있는 자원이 많아 네트워크 내에서의 권력이나 영향력이 높다고 할 수 있다. 네트워크 내에서 기관의 권력과 영향력을 단순히 연결의 수, 즉 공저 관계를 갖는 기관의 수만으로 평가할 수는 없지만, 기관이 속한 지역 수준에서는 영향력이 있다고 볼 수 있다(임혜선, 장태우 2012).

연결 중심성 분석결과를 보면, 김정일 시기에는 김일성종합대학, 국가과학원, 리과대학 순으로 높게 나타났다. 김정은 시기에는 김일성종합대학, 국가과학원, 농업과학원, 김책공업종합대학 순으로 높게 나타났다. 김정은 시기에는 농업과학원, 김책공업종합대학의 영향력이 더 높아졌음을 알 수 있다.

### 5.2.2 근접중심성(Closeness centrality)

근접중심성은 한 노드가 다른 노드들과 얼마나 평균적으로 가까이 있는지를 측정하는 전체 중심성을 나타내는 지표로써, 다른 노드와의 경로거리로 측정할 수 있다. 근접중심성을 통해 네트워크 전역에서 가장 일반적 영향력을 가진 기관을 파악할 수 있다. 근접 중심성이 높은 기관은 다른 기관들과 가장 짧은 거리에 위치하여 네트워크에서의 정보접근이 용이하고, 영향력의 정도가 큰 노드라고 할 수 있다(임혜선, 장태우 2012).

근접 중심성 분석결과를 보면, 김정일 시기

에는 CABI EUROPE SWITZERLAND(스위스), CHINESE ACAD AGR SCI(중국), HEBEI ACAD AGR & FORESTRY SCI(중국), INST PLANT PROTECT(중국), INT PLANNED PARENTHOOD FEDERAT(국제가족계획연맹), 조선가족계획 및 모성유아건강협회(KOREAN FAMILY PLANNING & MATERNAL & CHILD HLTH AS), 평양산원(PYONGYANG MATERN HOSP), UNIV NEW S WALES(호주)이 동일 값으로 가장 높게 나타났다. 김정은 시기에는 함흥수리동력대학(HAMHUNG HYDRAUL & POWER UNIV), NATL TAIPEI UNIV TECHNOL(대만), NORTH CHINA ELECT POWER UNIV(중국), FUDAN UNIV(중국), 조선중앙적십자병원(GEN RED CROSS HOSP), 함흥약학대학, 함흥화학공업대학, PAMUKKALE UNIV(터키), PETR GAS UNIV PLOIESTI(루마니아)이 가장 높게 나타났다. 이 기관들은 다른 기관들과 위치적으로 유리하기 때문에 전체 네트워크상에서 정보접근이 용이하고, 이에 따른 영향력이 높다고 할 수 있다.

### 5.2.3 매개중심성(Betweenness centrality)

매개중심성은 한 노드가 다른 노드들 사이의 최단경로상에 위치하는 정도를 측정하는 전체 중심성을 측정하는 지표이다. 매개 중심성 분석결과를 보면, 김정일 시기에는 김일성종합대학, 길림대학, 리과대학, 국가과학원 순으로 높게 나타났다. 김정은 시기에는 김일성종합대학, 국가과학원, 김책공업종합대학, 길림대학, 농업과학원(ACAD AGR SCI) 순으로 높게 나타났다. 이들 기관들은 다른 노드로 가는 최단 경로

상에 위치하는 횟수가 많으며, 서로 다른 그룹을 연결하는 노드로 볼 수 있다.

김정일 시기와 김정은 시기에 연결중심성과 매개중심성, 위세중심성이 높게 나타난 기관은 김일성종합대학이었으며, 김정은 시기에 연결중심성, 매개중심성, 위세중심성이 높게 나타난 기관은 국가과학원으로 나타났다.

김정일 시기에는 김일성종합대학, 리과대학, 국가과학원이, 김정은 시기에는 김일성종합대학, 국가과학원 등과 같이 연결중심성과 매개중심성이 동시에 높은 기관은 공동연구에 있어서 매우 핵심적인 역할을 수행하고 있다고 할 수 있다. 연결정도가 높으면서 매개중심성도 높은 경우 정보의 흐름에 있어서 큰 영향력과 권력을 행사할 수 있다.

한편, 매개중심성은 높으나 연결중심성이 낮은 기관의 경우 공동연구 비중이 크지는 않으나, 관계가 낮은 연구 집단을 연결하므로 기관들간의 공동연구를 연결하는 다리가 되는 핵심적인 역할을 수행하는 기관이라고 할 수 있다. 김정일 시기에는 길림대학, 북경사범대학, 무한대학, 김정은 시기에는 길림대학, 남개대학, 동북대학, 절강대학, 북경과학기술대학 등 중국대학이 공동연구에서 핵심적인 역할을 수행한

것으로 나타났다.

마지막으로 위세중심성 분석 결과를 살펴보면, 김정일 시기에는 김일성종합대학, 농업과학원, 평양농업대학, CHARLES STURT UNIV (호주), 북한 국제기구협력총국(GBCIO) 순으로 높게 나타났으나, 김정은 시기에는 김일성종합대학, 국가과학원, 원산농업대학(WONSAN AGR UNIV), 산림과학원(ACAD FORESTRY SCI), 중앙산림설계기술연구소(CENT FORESTRY DESIGNING & TECH INST) 순으로 높게 나타났다. 이 기관들은 전체 네트워크 내에서 영향력이 있으면서, 연결되어 있는 기관의 영향력이 더해져 나타난 결과라고 할 수 있으며, 전체 네트워크 상에서 영향력이 높은 기관과 공동연구를 매우 활발하게 하고 있는 기관이라고 볼 수 있다.

### 5.3 연구분야 분석

〈표 11〉은 시기별 주제분야 공동연구 기관수에 대한 현황이다.

‘김정일 시기’에 비해 ‘김정은 시기’에 주요 주제 분야별 해외 공동연구 기관수는 증가하였으며, 여러 기관간 공동연구가 활발한 분야는

〈표 11〉 시기별 주제분야 공동연구 기관 수 변화

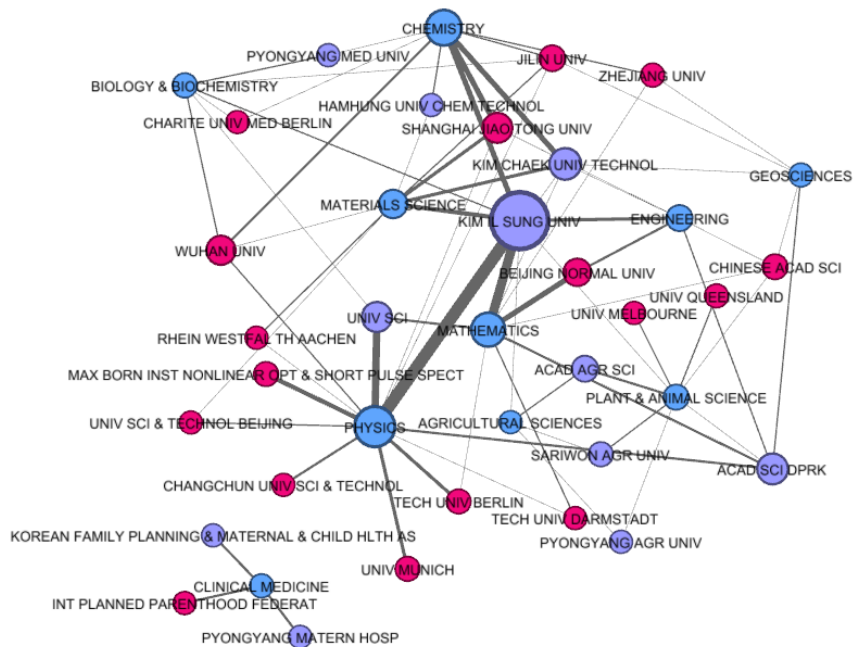
구분	김정일 시기			김정은 시기		
	논문수	북한	해외	논문수	북한	해외
물리학	25	4	16	32	4	18
화학	19	8	11	21	6	13
수학	17	4	11	19	5	10
재료과학	10	3	5	15	4	8
공학	7	5	5	11	6	11
농학	3	5	4	5	13	11

물리학, 화학, 공학, 수학, 재료과학 순이었다. 특히 공학, 농학 분야의 공동연구 기관의 수는 김정일 시기에 비해 2배 이상 증가하였다.

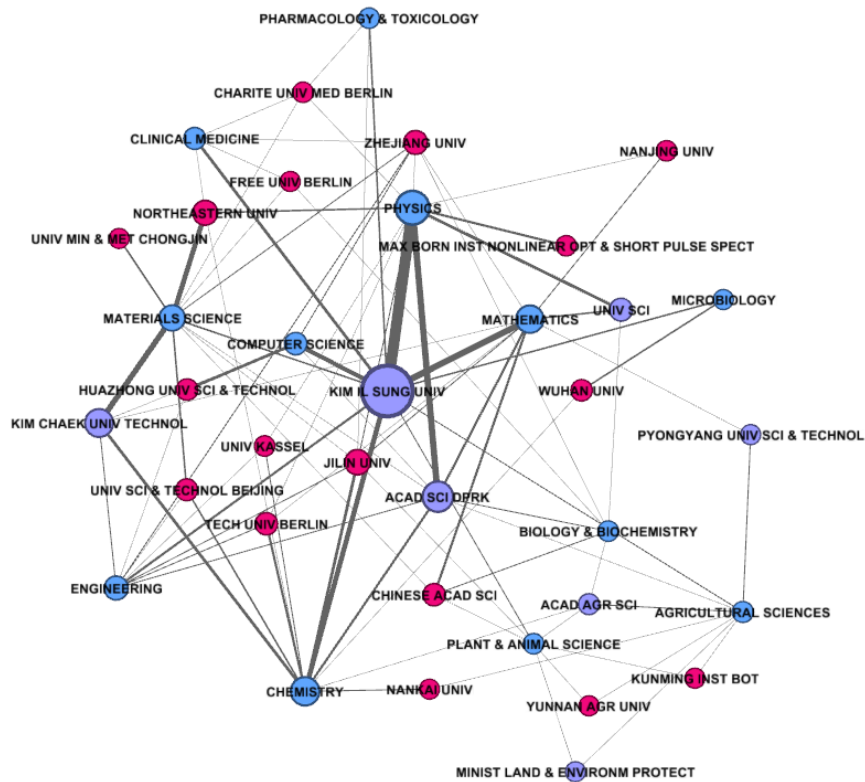
〈그림 6〉, 〈그림 7〉은 김정일 시기, 김정은 시기에 북한의 공동연구 활동 주제분야를 파악하기 위해 각 주제분야별로 3회 이상 논문을 발표한 기관과 주제간 네트워크를 시각화한 결과이다. 〈그림 6〉과 〈그림 7〉은 스프링형 레이아웃 알고리즘을 사용하였다. 기관과 주제분야 네트워크에서 링크는 주제 노드와 기관 노드간의 관계만을 연결하며, 주제노드와 주제노드 혹은 기관노드와 기관노드간의 관계는 표현하지 않는다. 각 노드의 크기는 해당 주제분야의 논문 수에 비례하며, 링크의 두께는 해당 기관이 발표한 관련 논문의 수에 비례한다.

김정일 시기의 북한 과학기술 논문에서는

ESI(Essential Science Indicators) 주제분야 22개 중에서 15개 분야가 출현했으며 14개 분야에서 두 편 이상의 논문이 발표되었다. 북한에서 기관간 공동연구가 활발하게 이루어지는 분야는 물리학, 수학, 화학 분야로 다수의 연구 기관들이 참여하고 있음을 알 수 있다. 물리학분야 지식생산은 김일성종합대학, 리과대학, 국가과학원이 독일의 MAX BORN INST NONLINEAR OPT & SHORT PULSE SPECT, UNIV MUNICH, TECH UNIV BERLIN과 함께 국제협력을 통해 이루어졌음을 알 수 있다. 화학의 경우 김일성종합대학, 김책공업종합대학이 상해교통대학과, 수학의 경우 김일성종합대학과 북경사범대학 간에 공동연구가 활발했음을 알 수 있다. 한편, 물리학, 화학, 수학, 재료과학, 공학을 제외한 나머지 분야에서는 의학, 생물



〈그림 6〉 공동연구 네트워크 내 기관별 연구분야(2005~2011)



〈그림 7〉 공동연구 네트워크 내 기관별 연구분야(2012~2015)

학, 미생물학, 분자생물학, 농학, 환경 등의 분야에서는 북한 내에서뿐만 아니라 국제 공동연구가 미미한 것으로 보인다.

김정은 시기에는 공동연구를 수행한 주제분야가 17개로 증가했다. 재료과학의 경우 북한의 김책공업종합대학과 중국의 동북대학이 가장 많은 국제협력논문을 발표한 기관으로 나타났다. 수학의 경우 김일성종합대학이, 중국의 중국과학원이 주도적이었다. 물리학은 김일성종합대학, 국가과학원이 다른 두 기관 리과대학, 김형직사범대학(KIM HYONG JIK NORMAL UNIV)보다 월등히 많은 논문을 발표했다. 물리학은 독일의 MAX BORN INST NONLINEAR

OPT & SHORT PULSE SPECT, 중국의 동북대학에서 공동연구가 활발했다. 공학은 중국의 길림대학, 절강대학, 독일의 TECH UNIV BERLIN과 공동연구가 보였다.

## 6. 결론

본 연구는 국내 최초로 Web of Science에 색인된 학술 논문을 대상으로 북한 연구자들의 연구자 네트워크를 분석하였으며, 이를 통해 북한 연구자들의 연구 활동 현황, 연도별/시기별 연구 주제 분야, 주요 연구기관, 공동연구 주

요 국가 등을 조사하였다.

이러한 분석으로 통해 다음과 같은 연구 결과를 도출하였다.

먼저, 북한 연구자들의 국제 학술 활동 현황을 살펴보면, 북한 연구자에 의한 SCIE 수록 논문은 2005년부터 2015년까지 11년간 총 260편이고, 총 259명의 북한 과학자들이 주저자 또는 공저자 형태로 논문 저자로 되어 있다. 이중 국제협력에 의한 논문이 87.7%를 차지할 정도로 해외 연구자와 공동으로 한 논문이 대부분을 차지하고 있다.

둘째, 연구주제를 살펴보면, 대체로 물리학, 수학 및 화학 등 기초과학 분야에 편중되어 있고, 다른 분야의 연구는 미미한 것으로 나타났다.

셋째, 북한과의 주요 공동연구 협력국가는 중국이며, 김정은 시대 이후 그 현상은 더욱 강해진 것으로 나타났다. 물리학 분야의 주요 공동연구는 독일에서 중국으로 이동한 것으로 나타났다.

넷째, 국제학술논문을 발표한 북한 연구자들의 소속기관은 총 32개 기관이며, 그 중에서 김일성종합대학, 국가과학원, 김책공업종합대학

및 리과대학이 차지하는 비중이 88.9%이다. 이중 김일성종합대학의 경우 2010년 통합한 평양 농업대학 등을 포함할 때 49.6%로 거의 절반을 차지하고 있다. 김일성종합대학은 물리학, 수학, 화학 등 여러 분야에서 논문을 발표한 반면, 국가과학원은 김정은 시기에 국제학술활동이 활발해 지면서 물리, 수학 분야에서, 김책공업종합대학은 재료과학과 화학에서, 리과대학은 물리학 분야에서 활발하게 활동하였다.

향후 연구과제로는 첫째, 논문의 제1저자와 교신저자의 기여도, 저자의 위치에 따라 가중치를 부여한 연구를 생각해 볼 수 있다. 둘째, 제1저자와 교신저자, 공저자들 간의 관계를 초청을 받는 쪽, 초청을 하는 쪽으로 구분하여 방향성 있는 네트워크를 그려볼 수 있을 것이다. 셋째, 본 연구에 포함된 논문은 WoS에 색인된 논문으로 제한되어 있어서, 북한 과학자의 공동연구 네트워크를 대표한다고 볼 수는 없다. 북한의 학술지에 수록된 논문을 분석 대상으로 공동연구 네트워크 분석을 수행한다면 북한의 공동연구 지형을 밝히는데 도움될 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

강영실. 2016. 김정은시대 북한 과학기술 육성동향과 발전 전망. 『KDI 북한경제리뷰』, 18(3): 17-33.  
 강현무. 2007. 북한 발명특허정보를 활용한 기술동향 분석. 『지적재산 21』, 100: 3-23.  
 김용학, 윤정로, 조혜선, 김영진. 2007. 과학기술 공동연구의 연결망 구조. 『한국사회학』, 41(4): 68-103.  
 김은주, 노성원, 남태우. 2016. 정신의학 분야 국제공동연구의 지적구조 네트워크 분석. 『정보관리학회지』, 33(1): 53-84.  
 원호섭. 2014. 북한의 과학논문 절반은 물리·수학: 최근 5년새 국제저널에 130편 실려... 핵·기계·제약

- 연구 많아. 매일경제 2014.10.27일자 [online]. [cited 2016.7.21]. <<http://news.mk.co.kr>>.
- 이길성. 2013. 북한의 과학자들도 해외 학술지에 논문 발표할까. 조선일보 2013.3.16일자 [online]. [cited 2016.7.20]. <<http://news.chosun.com>>.
- 이민희 외. 2011. 공저자 네트워크를 활용한 응용통계연구 분석. 『응용통계연구』, 24(6): 1259-1270.
- 이수상. 2013. 연구자 네트워크의 중심성과 연구성과의 연관성 분석: 국내 기록관리학 분야 학술논문을 중심으로. 『한국도서관·정보학회지』, 44(3): 405-428.
- 이중만, 최민석. 2010. 융합기술전문가의 공동연구에 대한 사회적 연결망 분석. 『한국콘텐츠학회논문지』, 10(10): 415-428.
- 이춘근, 김종선. 2015. 김정은 시대의 과학기술정책 변화. 『STEPI insight』, 173.
- 임혜선, 장태우. 2012. 물류분야 학술지의 공저자 네트워크 및 연구주제 분석. 『IE Interface』, 25(4): 458-471.
- 전희주. 2015. 소셜 네트워크 분석을 활용한 통계학회 논문집과 응용통계연구 공저자 네트워크 비교. 『한국데이터정보과학회지』, 26(2): 335-346.
- 최현규. 2006. 북한학술문헌으로 본 북한과학기술동향분석. 『지식정보인프라』, 22: 62-69.
- Newman, M. E. J. 2001b. "Scientific collaboration networks II. Shortest paths, weighted networks, and centrality." *Physical Review E* 64, 016131-016138.

• 국문 참고자료의 영어 표기

(English translation / romanization of references originally written in Korean)

- Choi, Hyunkoo. 2006. "Analysis of North Korean Science and Technology Trends Based on North Korean Academic Literature." *Journal of scientific & technological knowledge infrastructure*, 22: 62-69.
- Chun, Heuiju. 2015. "The Comparison of coauthor networks of two statistical journals of the Korean Statistical Society using social network analysis." *Journal of the Korean Data of Information Science Society*, 26(2): 335-346.
- Kang, Hyunmu, 2007. "Analysis of technology trends using patent information of North Korea invention." *Intellectual property* 21, 100: 3-23.
- Kang, Yoynsil. 2016. "Trends and Prospects to Improve North Korea's science and technology in Kim Jong-un era." *KDI Review of the North Korea Economy*, 18(3): 17-33.
- Kim, Eunju, Sungwon Roh, and Taewoo Nam. 2016. "A study on the Intellectual Structure Networks of International Collaboration in Psychiatry." *Journal of the Korea Society for Information Management*, 33(1): 53-84.

- Kim, Yonghak et al. 2007. "Structure of Collaboration Network among Korean Scientists: Small World and Position Effect." *Korean Journal of Sociology*, 41(4): 68-103.
- Lee, Chunkeun and Jongsun Kim. 2015. "Changes in Science and Technology Policy of the Kim Jong Eun Era." *STEPI insigh*, 173.
- Lee, Jungmann and Minseok Choi. 2010. "Social Network Analysis on Interdisciplinary Collaboration of Convergence Technologies Specialists." *The Journal of the Korea Contents Association*, 10(10): 415-428.
- Lee, Minhee et al. 2011. "Analysis of application statistics using co-authors' network." *Application Statistics*, 24(6): 1259-1270.
- Lee, Soosang. 2013. "Analytical Study on the Relationship between Centralities of Research Networks and Research Performances." *Journal of Korean Library and Information Science Society*, 44(3): 405-428.
- Lim, Hye-Sun and Tai-Woo Chang. 2012. "A Study on Co-authorship Network in the Journals of a Branch of Logistics." *IE Interface*, 25(4): 458-471.

