

북한-중국 과학기술협력 네트워크의 구조적 특성과 변화에 대한 연구: 트리플헬릭스 접근을 기반으로*

윤정원 한양대학교 산업융합학부 조교수

북한은 1990년대 구사회주의 국가들의 붕괴 이후 전통적인 우방국인 중국과 과학기술협력을 지속해 왔다. 특히 김정 은 정권의 집권 이후, 양국 간의 과학기술협력이 강화되면서, 최근 양국 간 협력의 성과가 이례적으로 급증하는 경향을 보이고 있다. 이에 본 연구는 지난 20년 동안 북한-중국 과학기술협력의 흐름과 패턴의 변화를 포착하기 위해, Web of Science와 SCOPUS에 등재된 국제학술지 공저자 논문을 추출하여 네트워크 분석을 수행하였다. 본 연구는 트리플헬릭스(Triple Helix) 이론적 모델을 활용하여, 북한-중국 과학기술협력에서 드러나는 산업-대학-정부 간의 협력네트워크의 구조를 분석하고, 분석결과를 기반으로 양국 간의 과학기술협력 모델의 주요 특성과 변화에 대한 이해를 도모하였다. 연구결과를 통해, 과거 정치적 이해관계에 의존한 양국 간의 과학기술협력은 2010년도 이후부터 대학이 중요한 협력주체로 부상함에 따라 그 성격이 점차적으로 변화되고 있는 것으로 발견되었다.

주제어 북한-중국, 과학기술협력, 네트워크 분석, 과학계량학, 트리플헬릭스 모델

I. 서론

1990년대 구사회주의 국가들의 붕괴 이후 탈냉전시대가 도래되면서 과학기술의 글로벌화가 가속화되었다. 사회주의권의 붕괴는 곧 냉전체제에 의거한 정치적 국제관계의 해체를 의미하며, 이에 따라 시장경제체제에 기반을 둔 경제적 실리 위주의 국제협력이 확산되었다. 사회주의 체제전환국들은 시장 메커니즘을 대대로 도입하면서 구 과학기술체제를 개편하고, 과거의 과학기술협력에서 탈피하여 서구 선진국 및 주변 과학기술 강국과의 협력을 강화하려는 노력을 보였다(이춘근 외, 2015). 2000년대 이후 정보통신기술의 급격한 발전으로 전 세계적으로 경제 및 과학기술의 글로벌화가 추진되면서, 과학기술 분야에서 다양한

* 이 논문은 한양대학교 교내연구지원사업으로 연구되었음(HY-2018년도).

국제협력이 모색되기 시작하였다(박세인, 2011). 사회주의 체제전환국들을 비롯한 개발도상국들은 선진국을 따라잡기 위한 기술추격을 위해, 선진국들은 증대되는 연구개발(R&D) 비용부담을 줄이고 기술개발에 대한 위험 분산을 위해, 국가 간 혹은 기업 간에 활발한 과학기술 국제협력이 이루어졌다.

북한과 중국의 경우, 그동안 탈냉전시기와 공산주의의 붕괴, 구사회주의 국가들의 시장경제체제로의 전환에도 불구하고, 큰 정치적 파동을 겪지 않고 긴밀한 우호협력관계를 유지해 왔다. 북한은 오랫동안 구사회주의 국가들과 소극적으로 과학기술협력을 추진해 왔으나, 이러한 협력도 정치적·사회적·지리적 문제로 자주 중단되거나 변경되었다(이춘근, 2015). 구소련과 일부 동구 국가들이 시장경제체제를 도입하면서 경제적 실익이 가시적으로 드러나지 않는 협력을 기피하게 되면서, 북한의 대외 과학기술협력은 인접국인 중국에 의존하는 경향을 보이게 되었다. 중국은 이례적으로 북한을 전통적인 우방국으로 지정하고 정치적인 이해관계를 고려하여 북한에 우호적인 조건으로 오랫동안 과학기술협력을 추진해왔다. 그러나 양국 간의 과학기술협력 성과가 그동안 전반적으로 미약했기 때문에, 이는 경제적 실익 추구보다는 양국의 정치적 이해관계 안에서 협력이 추진되었다고 볼 수 있다(이춘근, 2005).

중국은 1980년대 이후 문호개방정책을 실행하면서 국가 과학기술체제를 대대적으로 개혁하면서 과학기술의 성과와 실익 추구를 강조한 과학기술 국제협력을 추진하게 되었다. 이러한 개혁의 여파로 양국 간의 공동연구는 1990년대 중반을 고비로 잠시 중단되기도 하였다. 더불어 1994년 김일성 주석 사망 이후에 양국관계가 일시적으로 냉랭해지면 이러한 정치적 상황 역시 협력관계에 영향을 미쳤다고 볼 수 있다(서보혁, 2011). 북한은 김일성 주석의 사망 이후 심각한 자연재해 및 경제난을 겪게 되면서 2000년대 초까지 진행된 '고난의 행군' 시기에 국제 과학기술협력을 적극적으로 도모할 수 없었던 것으로 보인다(이춘근, 2002). 반면에 중국은 2000년도 이후 5개년 과학기술발전 계획을 수립하면서 국제과학기술협력을 강화하고, 주요 협력대상국을 서구 선진 국가들로 확대하였다(홍성범 외, 2012). 이에 양국 간의 과학기술 수준과 주력연구과제, 국가 R&D 지원 및 자원 조달능력 측면에서 격차가 확대되면서, 실질적인 공동이익을 추구할 수 있는 상호협력 추진이 더욱 어려워졌다고 할 수 있다.

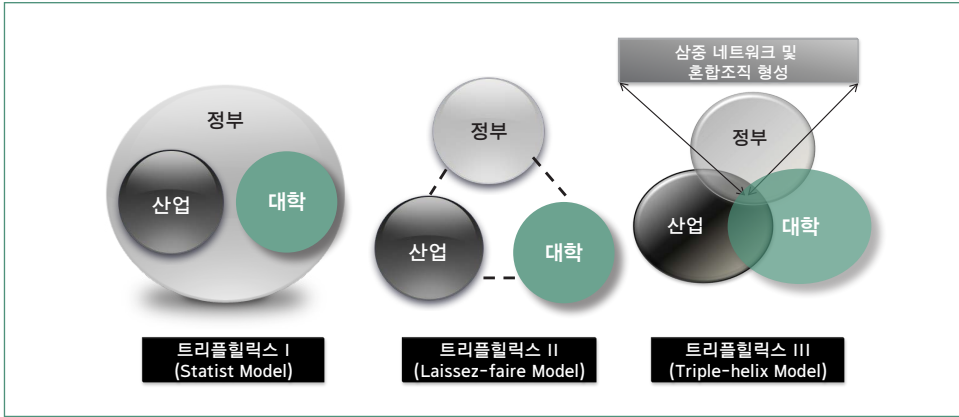
그러나 북한과 중국의 관계는 2010년도 이후 중국의 대북 투자를 중심으로 양국 간 경제협력이 증대되면서 새로운 국면을 맞이했다. 북한은 특히 2012년에 김정은 정권의 집권 이후 ‘지식경제’를 천명하면서 연이은 과학기술발전 5개년 계획 수립을 통해 R&D체제를 개혁하였다. 북한은 선진국과의 과학기술협력을 비롯하여 과학자들의 해외교류, 과학기술에 대한 투자를 강조하고 있지만, 국제적 고립상황과 경제적 제재 때문에 정책적 노력의 효과가 제한적으로 이루어지고 있다. 이러한 상황에서 최근 북한과 중국은 국제 과학기술협력에 대한 지원을 강화하면서, 양국 간 협력의 성과가 이례적으로 급증하는 경향을 보이고 있다(노경란 외, 2016).

이에 본 연구는 지난 20년 동안 북한-중국 과학기술협력 네트워크의 구조적 변화를 포착하기 위해 국제학술논문에서 나타나는 양국의 산업-대학-정부(산학관)간 공저자 관계를 분석하고자 한다. 그동안 선행연구들은 북한-중국 과학기술협력에 대한 현황 분석에 치우치는 한계점을 보여 왔다. 이러한 점에서 본 연구는 기존연구와 달리 엣츠코비츠와 레이테스도르프(Etzkowitz and Leydesdorff, 2000)의 트리플헬릭스(Triple Helix) 이론적 관점을 통해 양국의 과학기술협력에서 산학관 간의 형성되는 협력 네트워크 구조를 분석하고, 이를 기반으로 양국 협력의 주요 특성과 패턴을 파악하는 것이 주목적이라고 할 수 있다.

II. 연구배경

1. 과학기술협력모델: 트리플헬릭스 이론적 관점

트리플헬릭스 모델은 과학기술기반의 혁신과정에서 산학관 간의 상호작용을 강조하며, 세 혁신주체들 사이의 복합적인 상호관계를 나선형으로 나타내는 삼중나선모형으로 알려져 있다(홍형득, 2016). 트리플헬릭스 모델은 기존에 지배적인 기술혁신의 선형모델(linear model)을 대체하는 연계체인모델(chain-linked model) 중의 하나로, 기술혁신의 “체계적 연계성”에 중점을 두고 혁신 주체들 간의 협력관계에 초점을 두고 있다. 따라서 산학관을 지칭하는 세 가지 삼중나선



출처: Etzkowitz and Leydesdorff(2000: 111)

그림 1 트리플헬릭스의 세 가지 모델

형의 움직임을 살펴보고 이들 사이의 존재하는 네트워크 역동성(dynamics)의 정도에 따라 국가·지역·산업 수준에서 혁신체제(innovation system)의 성공 또는 경쟁력을 평가할 수 있다.

엣츠코비츠와 레이데스도르프(Etzkowitz and Leydesdorff, 2000)는 이러한 삼중나선이 새로운 지식과 기술을 창출하는 지식인프라(knowledge infrastructure)를 구성한다고 보고 있다. 산학관을 표명하는 삼중나선으로 구성되는 지식인프라는 시간이 흐르면서 점차적으로 진화하게 되고, 그러한 진화과정을 그림 1과 같이 세 가지 유형의 트리플헬릭스 모델로 구분하여 제시하고 있다.

엣츠코비츠와 레이데스도르프(Etzkowitz and Leydesdorff, 2000)에 따르면, 역사적으로 산학관 상호관계를 기반으로 하는 트리플헬릭스 모델은 트리플헬릭스I 혹은 트리플헬릭스II 모델에서 시작해서 마지막 트리플헬릭스III 모델로 진화되어 간다고 주장하고 있다. 트리플헬릭스I 모델은 국가 통제주의 모델로 주로 동구 및 구 소련체제나 남미 국가의 혁신모델로 제기되고 있다. 따라서 국가가 과학기술활동을 조정 및 통제하고 과학기술지식생산의 주체인 산업과 대학의 R&D와 연계를 이끌고 관리한다.

트리플헬릭스II 모델은 자유방임형 모델로서, 대표적으로 미국과 스웨덴의 혁신 모델이라고 할 수 있다. 이 모델은 세 혁신주체가 각자의 독립된 영역을 구

축하고 국가가 관계형성에 개입하지 않으며 각 영역간의 상호작용이 제한이 되는 특성을 가진다. 이 모델에서는 산업이 주도적으로 기술혁신을 이끌고, 국가는 이에 개입하지 않으며, 산학관 사이에 상호작용이 제한되는 모델을 말한다. 그러나 글로벌 지식기반경제체제의 도래로 각 국가와 지역에서 트리플힐릭스III 모델로의 전환이 이루어지며 혁신주체 간에 활발한 상호작용이 일어나게 된다.

트리플힐릭스III 모델은 글로벌 지식기반경제하에서 가장 적합한 혁신모델로 대학이 주요한 혁신의 주체로 등장하며, 상업화 및 창업 활동에 관여하는 기업가적 대학으로 변모한다고 보았다. 대학은 연구와 교육뿐만 아니라 새로운 지식이나 기술을 상업화하는 기업가의 역할도 동시에 수행하게 된다. 결국 산학관 영역이 각각 진화해 가면서 서로 활발한 상호작용을 통해 혼합영역을 생성하게 되는데, 이는 오늘날 대학 인큐베이터, 대학스핀오프기업, 벤처캐피털 기업, 산학관 협력네트워크 등이 형성되는 새로운 기술혁신 플랫폼으로 여겨지고 있다.

트리플힐릭스 이론적 접근은 지식인프라를 구성하는 산학관 주체들 사이에 복합적인 상호관계의 진화과정을 포착하고 혁신의 역동성 분석을 가능하게 하여 다양한 산학관 협력 및 과학기술정책 모델을 연구하는 데 유용한 분석틀을 제공한다. 몇몇의 연구자들은 트리플힐릭스 분석틀을 활용하여 국가와 지역 간에 발생하는 과학기술협력의 역동성이나 지식생산방식, 협력 네트워크관계 구조 등을 분석하여 협력의 시너지 효과와 상호학습의 심화 정도를 파악하고 있다. 최수진 외(Choi Yang et al., 2015)의 연구에서는 국제학술연구 논문의 공저자 관계에서 나타나는 산학관 간에 양자협력의 여러 유형을 탐색하고 이를 기반으로 국제과학협력의 네트워크 구조를 밝히고 있다. 특히 이들의 연구에서는 트리플힐릭스 모델을 OECD국가 간의 과학협력을 분석하는 데 활용하여 산학관 수준에서 이루어지는 국제과학협력에 대한 주요 패턴을 제시하고 있다. 권기석 외(Kwon et al., 2012)의 연구는 국제학술논문자료를 활용하여 한국과 국제 R&D 파트너 간에 형성된 산학관 공저자 관계의 진화과정을 트리플힐릭스 네트워크로 분석하였다. 이들은 분석결과를 토대로 1990년대 한국의 R&D 체제가 국제 과학기술협력 확대를 통해 시너지 효과를 경험했다고 주장하고 있다. 윤정원과 박한우(Yoon and Park, 2017)는 중국과 한국의 과학기술협력을 공동특허와 공저자 논문에서 나타나는 양국 간의 산학관 관계 네트워크로 분석하고, 트리플힐릭스

관점으로 양국의 과학기술협력의 역동성과 지식기반 구조를 보여 주고 있다. 이들의 연구결과에서는 양국이 과학기술협력에 임하는 협력노력의 강도와 정도에 차이를 보이고 있으며, 산학관 간에 이루어지는 지식생산의 역동성 측면에서 양국의 협력이 과학과 기술 영역에서 불균형하게 일어나고 있음을 보여주고 있다.

2. 북한-중국 과학기술협력에 대한 선행연구

북한과 중국의 과학기술협력에 대한 선행연구는 그동안 국내 소수의 북한연구자들을 중심으로 진행되어 있다. 북한-중국 과학기술협력에 대한 기존연구는 이춘근(2002, 2005)의 연구와 북한의 학술문헌 활동의 동향을 분석한 연구(노경란·김은정·최현규, 2016)를 중심으로 이루어져 왔다. 그러나 선행연구들의 대부분은 북한-중국 과학기술협력에 대한 현황 조사나 북한의 학술문헌 활동에서 나타나는 국제 과학기술협력에 대한 분석을 통해 중국과의 협력 동향을 파악하는 수준에 그치고 있다.

이춘근(2002)의 연구는 북한의 1990년대 학술활동 분석을 통해 북한의 국제 공동연구 동향을 조사하여 구 사회주의 국가들의 붕괴 이후에도 양국 간에 지속적인 교류와 협력이 이루어졌음을 보여 주고 있다. 그 이유는 1990년대 이후 북한이 경제난을 겪으면서 대외 과학기술협력 비용이 상대적으로 적은 중국과의 공동연구를 지속화하려는 노력 때문이라고 할 수 있다. 이후 2005년도의 연구에서는 북한과 중국의 정치적 이해관계에 따라 양국의 과학기술협력이 어떻게 변화되어 왔는지 정성적 연구를 통해 보여 주며 유용한 시사점을 제시하고 있다. 북한-중국 과학기술협력이 과학기술 주무부서 간에 이루어지는 경우, 실익보다는 양국의 정치적 이해관계에 따라 추진되며, 양국의 과학원 간의 협력이나 행정부서 간의 협력은 과학기술역량 수준, 주력 연구과제, 양국의 경비지원과 조달 여부에 따라서 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 중국이 개혁개방의 길을 걷기 시작하면서, 과거와는 달리 양국이 공동의 경제적 실익을 얻으며 상호협력을 추진하는 것이 어려워지고 있음을 시사하고 있다.

노경란 외(2016)의 연구에서는 북한의 국제학술논문 데이터를 바탕으로 과학기술 분야에서 나타나는 공동연구 네트워크 관계를 분석하고 있다. 북한의 김

정일 정권과 김정은 정권 시기로 구분하여 북한과의 주요 공동연구 협력국가를 중국이라 밝히고 있다. 특히 김정은 시대 이후 북한-중국 과학기술협력 강도가 보다 강해진 것으로 제기하고 있으며, 물리학 분야에서 북한의 주요 공동연구 파트너가 독일에서 중국으로 이동한 것을 보여 주고 있다.

III. 자료 수집 및 분석방법

1. 데이터 수집

본 연구에서는 북한-중국 과학기술협력의 트리플헬릭스 네트워크를 분석하기 위해 Clarivate Analytics사의 Web of Science(WOS) Core Collection 데이터베이스와 Elsevier사의 SCOPUS 데이터베이스를 이용하여 1995년부터 2019년까지 과학기술 분야에서 발표된 북한과 중국 간의 공동 학술논문자료를 추출하였다. 본 연구는 기존연구의 접근과는 다르게 WOS와 SCOPUS 두 개의 데이터베이스를 함께 활용하여 데이터베이스별로 양국 간의 공동 학술자료를 각각 406개와 614개를 수집하여 별도로 분석하였다. WOS의 SCIE에 등재된 공동 학술자료는 대다수가 article(399개) 유형으로 검색되었으며, 그 이외에는 proceeding paper와 review 유형의 소수의 자료들로 분석에 포함되었다. SCOPUS에서 검색된 공동 학술자료 역시 대부분이 article(545개) 유형의 자료로 구성되었으며, 그 이외에 conference paper와 review 유형의 자료들이 포함되었다.

WOS와 SCOPUS는 일반적으로 권위 있는 인용데이터베이스로 알려져 있으며, 이들 데이터베이스에 포함된 학술지와 논문의 질은 어느 정도 높은 수준을 가지고 있는 것으로 평가되고 있다(심원식, 2012). 본 연구에서 두 가지 데이터베이스를 구분하여 학술지 논문을 분석하는 이유는 피인용수 측면에서 SCOPUS에 등재된 학술지의 논문의 질이 WOS에 등재된 학술지의 논문의 질보다 상대적으로 낮은 것으로 제기되고 있기 때문이다(Chadegani et al., 2013). WOS에 등재된 학술지의 경우, 학술논문 위주로 발행빈도가 높고, 다양한 국가의 저자에게 논문투고를 받으며, 게재논문들의 피인용률이 높은 특성을 보여 주고 있다(오동

근·여지숙·박상후, 2018). 국내 대학에서도 학술지의 질적인 측면을 고려한 연구업적 평가에서 WOS에 등재된 학술지 논문게재의 경우 SCOPUS에 등재된 학술지 논문보다 평균 2.5배 정도의 평가점수가 더 주어지고 있다(이혜경·양기덕, 2017). 그러나 SCOPUS는 1만 8,000종의 학술지를 제공하는 WOS보다 더 많은 2만 3,000종의 학술지를 포함하고 있어, 학술지와 논문의 양적인 수준에서 더 우세하다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구는 분석대상인 북한과 중국의 공저자 논문의 양적 및 질적 수준을 고려하기 위해서 두 가지의 데이터베이스를 구분하여 공저자 논문을 수집하였다.

본 연구는 두 가지의 데이터베이스별로 학술논문 저자의 소속기관 주소 정보에서 “North Korea”와 “China” 검색어를 모두 포함하고 있는 공동 학술논문을 수집하였다. 수집된 자료에서 공저자의 소속기관명과 소재 국가 정보를 추출하여 Microsoft Excel 프로그램에 개별적으로 입력하였다. 입력과정에서 국가명이 잘못 표기된 자료이거나 북한과 중국의 공동 학술자료와 무관한 자료들을 식별하여 분석대상에서 제외하였다. 또한 동일 기관에 대한 기관명의 이형표기 문제를 제거하기 위하여 Microsoft Excel 프로그램에서 전체 참여 소속기관 목록을 도출하고, 이를 토대로 다수의 이형표기된 기관명을 단일 기관명으로 통일화하는 자료 정제 작업을 진행하였다.

2. 데이터 분석방법

본 연구는 북한-중국 과학기술협력의 패턴과 모델을 실증적으로 분석하기 위하여, 과학계량학(scientometrics)에 기반한 네트워크 분석을 시행하였다. 과학계량학은 과학기술 분야에서 지식 생산의 흐름과 경향을 정량적인 측정으로 연구하는 학문으로, 지식발전과정에 대한 포착과 과학기술인, 공공 및 민간 기관, 국가 등의 혁신주체들의 R&D 노력에 대한 상대적인 평가를 다루기도 한다. 과학계량학 연구는 과학기술 혁신의 경향을 분석하기 위해 주로 논문이나 특허와 같은 문헌자료와 정보를 이용하여 과학기술의 변화를 측정한다.

따라서 본 연구는 과학계량학에 기반하여 북한과 중국 간의 공저자 관계 네트워크 분석(co-authorship network analysis)을 수행하였다. 그동안 과학계량학에서

여러 학자들은 과학기술 분야에서 학술지 논문의 공저자 관계를 지식 혹은 혁신 네트워크로 매핑(mapping)하여 분석하는 방법을 활용해 왔다(Sun and Negishi, 2010; Lander 2013; 김원진·정영미, 2010; Park, Yoon, and Leydesdorff, 2016). 이들의 연구에서는 학술논문의 공저자 관계를 분석하여 국가연구시스템의 역동성, 과학기술 협력, 또는 R&D 과정에서 나타나는 협력패턴이나 시너지 효과(Yoon et al., 2017; Savanur and Srikanth, 2010) 등을 측정하였다. 모든 R&D의 결과가 학술논문의 형식으로 나타나지 않지만, 그럼에도 불구하고 학술논문의 공저자 관계 네트워크 분석은 과학기술지식 생산을 위한 연구자 간의 상호작용 혹은 협력적 관계의 정도를 분석하는 데 유용한 측정방법으로 제시되어 왔다. 이에 따라, 본 연구에서는 국제학술지 논문의 공저자 소속기관 정보를 활용하여, 양국 간 산학관 혁신주체 간의 형성된 지식 네트워크를 시각적으로 제공하고, 양국의 과학기술협력의 지식기반 구조와 역동성을 표명하는 트리플힐릭스 네트워크 관계에 대해서 분석하였다.

본 연구는 수집된 공저자 논문자료에서 공저자의 소속기관 정보를 추출하고, 이에 대한 관계 네트워크 분석을 수행하였다. 공저자 관계 네트워크의 특성과 그 변화를 살펴보기 위해, 네트워크의 개체(node), 개체와의 연결 관계(edge), 네트워크의 크기, 밀집도(density), 집중도(centralization) 등을 계량적이고 시각적으로 분석하였다. 더불어 네트워크 분석지표로 개체의 중심성(centralities)을 측정하는 개체의 연결정도를 나타내는 연결정도 중심성(degree centrality)과 개체 간에 중계자 역할 정도를 나타내는 매개 중심성(betweenness centrality), 개체의 연결 중심성에서 얼마나 영향력이 있는 개체인지를 측정할 수 있는 위세 중심성(eigenvector centrality) 등 세 가지 지수를 활용하였다. 본 연구에서는 공저자 관계 네트워크 시각화와 네트워크 중심성 지수를 산출하기 위해 네트워크 분석 도구인 NodeXL을 사용하였다.

IV. 분석결과

1. 북한-중국 과학기술협력의 변화 추이 분석

과학기술분야에서 국제 학술지에 발표된 북한-중국 공저자 논문은 2000년대 중반 이후부터 등장하고 있다. 아래 그림 2를 살펴보면, 2004년 이후부터 양국 간의 공동논문 수는 두 자리 수로 증가 추세를 보였다. 또한 WOS의 SCIE에 등재된 학술지의 논문 수와 SCOPUS 등재 학술지의 논문 수에 대한 증가추이는 유사한 양상을 보였다. 1990년대는 구사회주의 국가들의 붕괴와 중국의 개혁·개방의 움직임, 북한 김일성 주석 사망 이후의 ‘고난의 행군’ 시기가 도래되면서, 양국 간의 과학기술협력은 크게 위축이 되었다. 북한과의 과학기술협력을 주도해 왔던 중국 과학원(CAS: Chinese Academy of Sciences)은 개방경제체제에 따른 성과중심제로 개혁되면서, 북한과의 공동연구에 대한 자원 지원이 제대로 이루어지지 못했다. 북한 역시 국제 공동연구를 진행할 수 있는 비용을 부담할 수 있

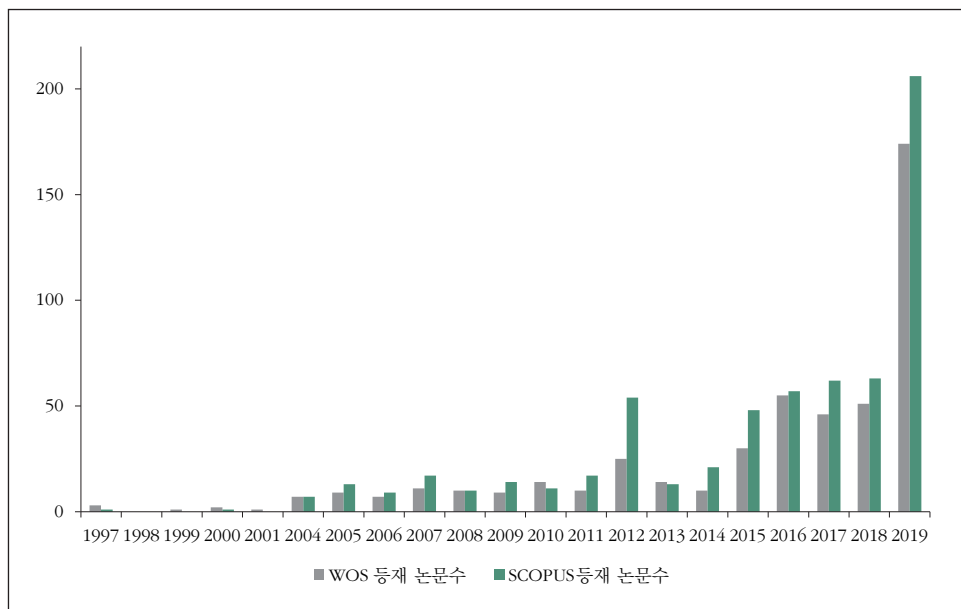


그림 2 연도별 북한-중국 공저자 논문 수 추이, 1997~2019

는 능력과 연구역량이 부족했기 때문에, 양국 간의 과학기술협력의 범위나 성과 측면에서 제약이 있었다. 양국 간의 협정에 따라 과학기술협력에 대한 상당한 경비를 중국 측에서 대부분 부담하고 있는 상황에서, 1990년대 이후의 북한-중국 과학기술협력은 비용부담이 적은 분야에서 소극적으로 진행되어 왔다고 볼 수 있다(이춘근, 2002).

2000년대에 들어 양국의 과학원 간의 교류가 점차적으로 증가하였다. 2004년도 이후부터는 과거의 협력패턴과는 달리 양국 간의 과학기술협력에 대한 성과가 가시적으로 나타났다. 북한은 2003년도 이후부터 과학기술발전 5개년 계획을 수립하면서 국제기구를 통한 과학기술자들의 해외연수 및 교류협력을 장려하고, 정보기술(IT)기반의 과학·경제 밀착형 발전을 강조하였다(최창용·강영실, 2015). 북한은 중국을 비롯하여 베트남, 미국, 호주, 유럽 등의 연수 및 파견을 통해 과학기술협력을 강화하였다. 중국도 2000년도 이후부터 5개년 과학기술발전 계획수립을 통해 국제과학기술협력지침을 마련하고 국제 과학기술협력의 분야, 방식, 성과를 관리하기 시작하면서, 국제 R&D 네트워크를 적극적으로 구축하려는 노력을 보였다.

양국의 대외 과학기술협력에 대한 노력은 2010년 이후부터 보다 강화되는 경향을 보였다. 당시 정상회담 개최를 통해 양국 관계가 개선되면서, 중국의 대북 투자를 중심으로 경제협력이 활발해지고, 북한의 대중 무역의존도도 동시에 증가하는 모습을 보였다(서보혁, 2011). 김정은 정권이 수립되면서, 양국 간의 정치외교 및 경제 협력관계가 2012년도와 2015년도에 가장 두드러지게 나타났다(홍은정, 2018). 이러한 양국의 우호적인 정치적 관계 안에서 과학기술협력도 활성화되기 시작하면서, 최근 양국 협력의 성과도 그림 2와 같이 증가하는 추세를 보이고 있다. 특히 김정은 정권이 집권한 이후, 북한은 컴퓨터 수치제어(CNC, computerized numerical control), 정보통신망 구축, IT산업 등 첨단기술을 육성하는 과학기술정책을 추진하면서, 과거에 비해 과학기술 분야에서 성과가 두드러지게 나타나는 모습을 보이고 있다(이춘근·김종선, 2015). 북한은 국제적 고립상황에서 선진기술을 학습하고 획득할 수 있는 대외협력의 기회를 모색하고 있는데, 이는 현재 유일한 대외협력 파트너인 중국과의 과학기술협력이 급등하는 현상을 설명하고 있다. 과학기술 분야에서 북한과 중국의 국제 공저자 논문 수는 2019년 전

년 대비 약 3.5배 이상이 증가했음을 알 수 있다.

표 1을 살펴보면, 국제 학술지에 발표된 북한-중국 공저자 논문은 physics, material sciences, engineering 등 세 개의 연구 분야에 집중되어 나타나는 경향을 보이고 있다. 그 밖에도 chemistry, mathematics, computer science 연구 분야에서 양국의 공동연구가 진행되어 온 것으로 보인다. WOS와 SCOPUS 데이터베이스는 학술논문의 연구주제 분류 체계에 있어 차이를 보이고 있지만, 양국 간의 상위 공동연구 분야에 대해서는 대체적으로 유사하게 나타나고 있다. 공저자 논문에서 나타나는 북한과 중국의 과학기술협력은 주로 물리학, 화학, 수학 등과 같은 기초과학 분야를 중심으로 이루어져 왔다. 그러나 이러한 동향은 2012년도 이후 공학, 재료과학, 컴퓨터 공학 등의 응용연구 분야로 이동하는 변화를 보이고 있다. 특히 김정은 정권이 들어서면서, 북한은 산업 전반에 자동화를 추진하고 첨단기술 개발에 높은 의지를 보이고 있는데, 이러한 북한의 실정이 최근 중국과의 과학기술협력 분야에도 반영된 것으로 보인다.

1997년부터 2019년까지 WOS와 SCOPUS 데이터베이스에 등재된 북한-중국 공저자 논문의 저자 소속기관은 각각 180개와 164개로 나타났다. 표 2에 따르면, 김일성종합대학(Kim Il Sung University), 김책공업종합대학(Kim Chaek University of Technology), 평양과학기술대학(Pyongyang University of Science and Technology) 등 북한의 주요 대학기관들과 국가 과학원(SAS, State Academy of Sciences)이 중국과의 과학기술협력을 주도하는 것으로 보인다. 특히 북한의 대표적인 연구중심대학인 김일성종합대학과 김책공업종합대학이 중국과 공동 발표한 논문 수는 전체 북한-중국 공저자 논문 수의 약 60%에 해당한다. 김일성종합대학은 기초과학 분야에서 중국과의 과학기술협력을 진행해 왔지만, 2015년도 이후부터는 공학 분야로 확대하여 중국의 여러 대학기관과 공저자 논문을 발표하고 있다. 최근 김책공업종합대학도 공학 분야에서 중국 대학기관과 다수의 공저자 논문을 발표하는 모습을 보이고 있다.

김일성종합대학을 포함한 상위 3개의 북한 대학기관의 순위에 대해서는 WOS와 SCOPUS의 등재 학술지 논문 간에 큰 차이는 보이지 않으나, 중국 CAS와 북한의 SAS의 순위에 대해서는 약간의 차이를 보이고 있다. 특히 WOS 등재 학술지에서는 SAS와 CAS의 공저자 논문 참여 순위가 SCOPUS보다는 상대적으로

표 1 연구 분야별 북한-중국 공저자 논문 수, 1997~2019

순위	WOS 학술논문 연구 분야	논문 수	%	SCOPUS 학술논문 연구 분야	논문 수	%
1	Physics	92	11.62	Engineering	238	20.55
2	Materials Sciences	89	11.24	Materials Sciences	133	11.49
3	Engineering	83	10.48	Physics and Astronomy	118	10.19
4	Chemistry	74	9.34	Computer Science	114	9.84
5	Mathematics	73	9.22	Mathematics	106	9.15
6	Computer Science	36	4.55	Chemistry	78	6.74
7	Science & Technology- Other Topics	29	3.66	Agricultural & Biological Sciences	51	4.40
				Earth & Planetary Sciences	51	4.40
8	Geology	24	3.03	Chemical Engineering	49	4.23
9	Mechanics	22	2.78	Biochemistry & Genetics	47	4.06
	Metallurgy & Metallurgical Engineering	22	2.78			
10	Biochemistry & Molecular Biology	20	2.53	Medicine	41	3.54
11	Polymer Science	18	2.27	Environmental Science	31	2.68
12	Environmental Sciences & Ecology	13	1.64	Immunology & Microbiology	30	2.59
				Multidisciplinary	30	2.59
13	Energy & Fuels	12	1.52	Energy	28	2.42
14	Electrochemistry	10	1.26	Pharmacology, Toxicology, & Pharmaceuticals	9	0.78
	Microbiology	10	1.26			
15	Mining & Mineral Processing	9	1.14	Neuroscience	4	0.35
	Thermodynamics	9	1.14			

주: WOS의 SCIE에 등재된 학술지 논문의 연구 분야는 WOS에서 제공하는 연구 분야 분류체계(subject category)인 'Research Area'를 기준으로 구분하였고, SCOPUS에 등재된 학술지 논문의 경우, SCOPUS의 자체적인 분류체계인 ASJC(all science journal classification) 코드 기반으로 논문의 연구 분야를 식별하였음.

표 2 북한-중국 공저자 논문 참여 연구기관 순위, 1997~2019년

순위	WOS 등재 학술지			SCOPUS 등재 학술지		
	국가	기관명	참여 수	국가	기관명	참여 수
1	북한	Kim Il Sung University	266	북한	Kim Il Sung University	317
2	북한	Kim Chaek University of Technology	106	북한	Kim Chaek University of Technology	173
3	북한	State Academy of Sciences	61	북한	Pyongyang University of Science and Technology	81
4	북한	Pyongyang University of Science and Technology	41	중국	Harbin Institute of Technology	49
5	중국	Chinese Academy of Sciences	39	중국	Wuhan University	42
6	중국	Harbin Institute of Technology	37	중국	Jilin University	40
7	중국	Wuhan University	34	중국	University of Science & Technology Beijing	28
8	중국	Northeastern University	33	중국	Shanghai Jiaotong University	26
				북한	State Academy of Sciences	26
9	중국	Jilin University	28	중국	Zhejiang University	25
10	중국	Central South University of Forestry and Technology	23	중국	Huazhong University of Science and Technology	23
11	중국	Zhejiang University	22	중국	Central South University	21
12	중국	Harbin Engineering University	21	중국	Chinese Academy of Sciences	19
13	중국	University of Science & Technology Beijing	16	중국	Beijing Normal University	18
				중국	Harbin Engineering University	18
14	북한	Kim Hyong Jik Normal University	15	중국	Tianjin University	17
	북한	Pyongyang University of Mechanical Engineering	15			
15	중국	Shanghai Jiao Tong University	14	북한	Kim Hyong Jik Normal University	13

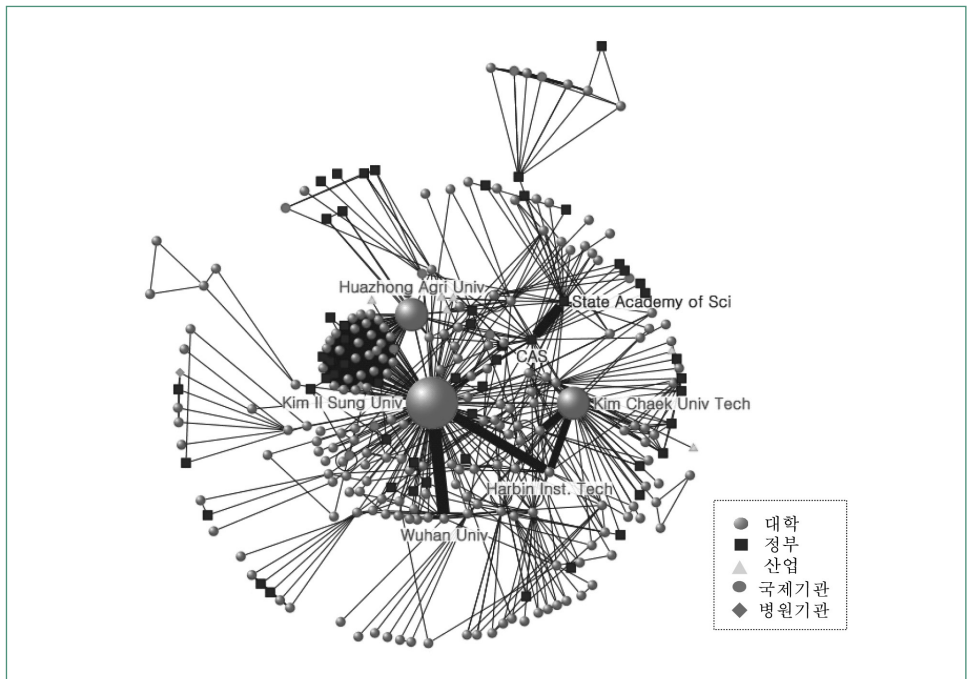
로 높게 나타나고 있다. 이는 양국의 과학원에서 진행되는 공동연구들의 성과들이 WOS의 SCIE에 등재된 국제 학술지에 주로 발표되고 있음을 알 수 있다.

이 밖에도 주목할 점은 북한은 상대적으로 소수의 상위 대학기관들이 중국과의 과학기술협력을 주도하는 반면에, 중국은 하얼빈공업대학(Harbin Institute of

Technology), 우한대학(Wuhan University), 베이징대학(Northeastern University), 지린대학(Jilin University), 베이징과학기술대학(University of Science and Technology Beijing), 상하이교통대학(Shanghai Jiaotong University), 저장대학(Zhejiang University) 등 다수의 대학들이 북한과의 과학기술협력에 참여하고 있다. 중국은 특히 CAS를 필두로 하얼빈공업대학, 우한대학, 지린대학이 북한과의 국제 학술지 공저자 논문 발표에 높은 참여율을 보이고 있다.

2. 북한-중국 과학기술협력 네트워크의 구조적 특성에 대한 분석

본 연구는 1997년에서 2019년도까지 국제학술지에 발표된 북한-중국 공저자



주: WOS와 SCOPUS의 공동학술자료를 각각 활용하여 네트워크 분석을 한 결과, 동일 기간 내 네트워크의 형태나 특성이 유사하게 나타났기 때문에, SCOPUS의 공동학술자료를 활용한 네트워크 그래프는 그림 3에 포함시키지 않았음.

그림 3 WOS를 활용한 북한-중국 과학기술협력 네트워크, 1997~2019

논문자료를 활용하여 양국 간에 형성된 과학기술협력 네트워크의 구조적 특성을 분석하였다. 그림 3은 WOS 등재 학술지에 발표된 양국의 공저자 논문자료를 기반으로 과학기술협력 네트워크를 시각화하였다. SCOPUS의 공동학술자료를 활용해서 도출한 양국의 협력네트워크 역시 그림 3과 같이 네트워크의 형태뿐만 아니라, 네트워크의 크기, 밀도, 집중도 측면에서도 유사하게 나타났다. 그림 3의 네트워크 그래프는 북한-중국 과학기술협력 네트워크 구조의 핵심이 되는 주요 주체들과 이들 주체 간의 동적인 협력관계를 시각적으로 파악할 수 있게 한다. 김일성종합대학은 북한-중국 과학기술협력 네트워크 구조의 핵심적인 주체로 확인되며, 이들의 주요 협력대상인 중국의 하얼빈공업대학과 우한대학과의 협력관계는 양국의 과학기술협력 네트워크 구조의 주축으로 보인다.

과학기술협력 네트워크에 참여하는 양국의 핵심주체들의 역할과 상호작용을 보다 명확히 규명하기 위해, 표 3과 같이 공저자 논문의 저자들에 대한 중심성 분석을 수행하였다. 중심성 분석결과, 김일성종합대학은 가장 높은 연결정도 중심성, 매개 중심성, 위세 중심성 지수를 보여 주고 있다. 이는 김일성종합대학이 북한과 중국 간의 과학기술협력에서 핵심적인 역할을 하는 중요한 주체임을 밝히고 있다.

연결정도 중심성 결과를 세부적으로 살펴보면, WOS와 SCOPUS의 공동학술자료 모두 북한의 김일성종합대학을 비롯하여 김책공업종합대학, SAS, 평양과학기술대학과 중국의 화중농업대학(Huazhong Agricultural University), CAS, 지린대학이 북한-중국 과학기술협력에서 가장 중추적인 역할을 하고 있다는 것을 확인해 주고 있다. 이들 기관들은 협력네트워크에서 직접적인 연결이 많은 개체들로, 네트워크 내에서 높은 영향력을 행사한다고 볼 수 있다. 연결정도 중심성 지수가 높은 이들 기관은 매개 중심성 지수도 높은 것으로 나타났다. 매개 중심성이 높은 기관들은 서로 관련성이 낮은 각 기관들을 연결해 주는 가교 역할을 한다. 다시 말해, 이들 기관들은 과학기술협력 네트워크에서 공동연구를 통해 과학기술지식을 생산하는 데 중요한 역할을 수행할 뿐만 아니라, 여러 기관이 공동연구에 참여할 수 있도록 연결해 주는 매개체 역할도 수행한다고 볼 수 있다. 마지막으로, 북한의 김일성종합대학, 중국의 화중농업대학과 CAS가 가장 높은 위세 중심성 지수를 보여 주고 있다. 이들 기관은 전체 과학기술협력 네트워크

표 3 북한-중국 과학기술협력 네트워크에 참여기관에 대한 중심성 순위, 1997-2019

순위	WOS 등재 학술지						SCOPUS 등재 학술지					
	Degree Centrality		Between Centrality		Eigenvector Centrality		Degree Centrality		Between Centrality		Eigenvector Centrality	
	기관	중심성	기관	중심성	기관	중심성	기관	중심성	기관	중심성	기관	중심성
1	Kim Il Sung University	140	Kim Il Sung University	24580	Kim Il Sung University	0.025	Kim Il Sung University	158	Kim Il Sung University	25710	Kim Il Sung University	0.024
2	Huazhong Agricultural University	47	State Academy of Sciences	4814	Huazhong Agricultural University	0.024	Kim Chaek University of Technology	52	State Academy of Sciences	5454	Huazhong Agricultural University	0.022
3	Kim Chaek University of Technology	31	Kim Chaek University of Technology	4510	Chinese Academy of Sciences	0.002	Huazhong Agricultural University	48	Pyongyang University of S&T	5101	Northwest A&F University	0.022
4	Chinese Academy of Sciences	27	Chinese Academy of Sciences	2402	China University of Geosciences	0.002	State Academy of Sciences	42	Kim Chaek University of Technology	3870	Chinese Academy of Sciences	0.002
5	State Academy of Sciences	26	Jilin University	2390	State Academy of Sciences	0.002	Pyongyang University of S&T	41	Jilin University	2590	State Academy of Sciences	0.001
6	Pyongyang University of S&T	24	Pyongyang University of S&T	1893	Sun Yat-sen University	0.001	Northwest A&F University	41	Zhejiang University	1681	China University of Geosciences	0.001
7	Jilin University	21	Zhejiang University	1574	Yunnan Agricultural University	0.001	Jilin University	31	University of S&T Beijing	1281	Sun Yat-sen University	0.001
8	Zhejiang University	20	Fudan University	1554	Wonsan Agricultural University	0.001	Chinese Academy of Sciences	26	Shanghai Jiaotong University	1086	Shanghai Institutes for Biological Sciences	0.001
9	Northeastern University	18	Peking University	1290	Kim Chaek University of Technology	0.001	Harbin Institute of Technology	18	Chinese Academy of Sciences	899	Yunnan Agricultural University	0.001
10	Central South University of Forestry & Technology	13	Northeastern University	1249	Pyongyang University of S&T	0.001	Central South University	17	Chinese Academy of Agricultural Sciences	807	Kim Chaek University of Technology	0.001

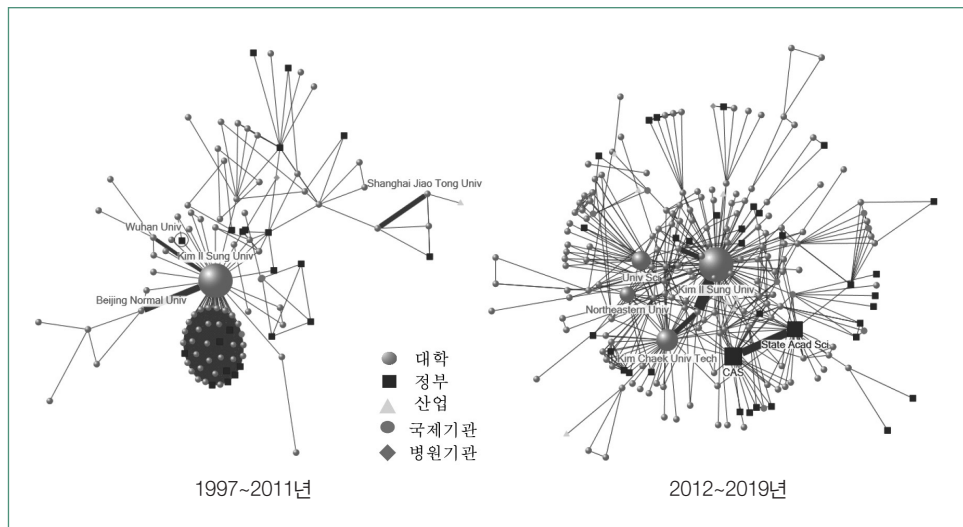


그림 4 WOS를 활용한 시기별 북한-중국 과학기술협력 네트워크 진화과정

에서 지배적인 영향력을 행사하며, 양국 간에 이루어지는 공동연구를 매우 적극적으로 주도하는 핵심주체로 판명된다.

그림 4는 두 시기로 나누어 북한-중국 과학기술협력 네트워크의 시간별 발전 과정을 시각적으로 보여 주고 있다. 우선 첫 번째 시기(1997~2011년도)와 비교하여 두 번째 시기(2012~2019년도)의 협력네트워크를 구성하는 개체 수와 개체 간의 연결 수는 가시적으로 증가한 모습을 보여 주고 있다. 그림 4를 살펴보면, 첫 번째 시기에 양국 간 협력네트워크의 개체와 개체 간의 연결 정도는 상대적으로 단조로워 보인다. 동 시기에 106개의 연구기관이 과학기술협력 네트워크를 구성하고 있고, 그중 47개의 중국 기관과 17개의 북한 기관이 참여하고 있다. 나머지 19개국에서 42개의 연구기관이 북한과 중국의 협력네트워크에 참여하고 있으나, 대부분의 외국 기관들은 김일성종합대학과 화중 농업대학과 함께 2011년도에 발표한 공저자 논문 한 편으로 인해 일회성으로 형성된 네트워크 관계라고 할 수 있다. 이외에도 북한과 중국과의 국제 공동연구에 참여한 대표적인 국가는 스위스, 오스트리아, 일본 등으로 나타났으며, 이들이 북한-중국과 발표한 국제 학술지 공저자 논문은 총 6편에 해당된다.

양국 간 협력네트워크의 초기 형성 시기에는 북한의 김일성종합대학과 SAS,

표 4 북한-중국 과학기술협력 네트워크의 구조적 특성 변화

네트워크 속성	WOS 등재 학술지		SCOPUS 등재 학술지	
	1997~2011년	2012~2019년	1997~2011년	2012~2019년
Number of Nodes	106	210	112	200
Chinese Nodes	47	104	49	100
North Korean Nodes	17	42	19	35
Number of Edges	903	524	1046	982
Number of Components	7	5	4	2
Average Degree	15.87	4.88	17.5	5.24
Centralization(%)	42.03%	40.25%	46.4%	45.11%

중국의 CAS, 저장대학, 지린대학 등이 가장 높은 연결정도 중심성 지수를 보이며, 과학기술협력을 주도했다고 볼 수 있다. 1990년대에는 양국의 과학원 간에 이루어진 공동연구의 성과가 단발적으로 국제 학술지에 발표되었다면, 2000년대 이후부터는 북한의 김일성종합대학과 중국의 베이징사범대학(Beijing Normal University), 치펑대학(Chifeng University), 칭화대학(Tsinghua University), 우한대학 등 대학기관 간의 공동연구 성과가 국제 학술지의 논문 형태로 지속적으로 등장하였다. 북한의 김책공업종합대학의 경우, 2007년도 이후부터 중국의 상하이교통대학과 함께 국제 학술지에 적극적으로 논문을 발표하는 모습을 보였다.

표 4에 따르면, 두 번째 시기의 과학기술협력 네트워크는 네트워크를 구성하는 개체 수가 이전보다 약 2배 이상이 증가했음을 알 수 있다. 협력네트워크에 참여하는 중국과 북한의 개체 수는 각각 2배 이상씩 증가하였으나, 참여 개체 간에 형성된 관계의 수는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 이 때문에 네트워크의 평균연결(Average Degree) 값이 크게 감소된 것이 확인되었는데, 이는 네트워크의 밀도가 낮아진 것으로 해석될 수 있다. 네트워크 밀도는 개체들 간에 연결된 정도를 의미하며, 네트워크의 밀도가 높을수록 개체 간에 긴밀하게 연결이 되어 있어 상호협력이나 상호작용이 보다 활발히 이루어진다고 볼 수 있다. 따라서 두 번째 시기의 협력네트워크는 상대적으로 네트워크의 밀도가 크게 낮아졌기 때문에, 네트워크의 크기는 커졌지만 네트워크를 구성하는 개체 간에 신뢰

나 협력 정도는 오히려 낮아졌다고 볼 수 있다. 시기별로 협력네트워크의 집중도는 각각 40%대로, 특정 개체를 중심으로 네트워크 관계가 편향되는 모습을 보이고 있으나, 시간의 흐름에 따라 네트워크의 집중도에는 큰 변화가 없는 것으로 보인다.

두 번째 시기에는 북한의 김일성종합대학을 중심으로 김책공업종합대학, 평양과학기술대학 등이 높은 연결정도 중심성을 보이며, 협력네트워크에서 영향력을 행사하는 중요한 개체로 확인되었다. 또한 양국의 과학원과 중국의 동북대학도 역시 높은 연결정도 중심성을 보이고 있다. 2012년도 이후, 중국과 북한 과학원 간의 협력이 이전보다 강화되는 양상을 보이며, 협력의 성과가 국제 학술지 논문으로 발표되는 경향이 증가하는 모습을 보였다. 이는 양국이 과거와는 다르게 과학기술 분야에서 가시적인 협력의 성과를 강조하는 공동연구를 지향하는 것으로 해석 될 수 있다.

북한의 김일성종합대학은 두 번째 시기의 협력네트워크에서도 여전히 핵심적인 역할을 수행하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 2012년도 이후부터 북한의 김책공업종합대학이 중국의 여러 대학기관들과 활발한 공동연구를 추진하면서, 북한-중국 과학기술협력 네트워크에서 중요한 주체로 부상하고 있음을 보여 주고 있다. 최근 김책공업종합대학은 중국 하얼빈공업대학과 함께 국제 학술지에 지속적으로 논문을 발표하고 있다.

3. 북한-중국 과학기술협력에 대한 트리플힐릭스 네트워크 분석

그림 5는 국제 학술지에 발표된 북한-중국 공저자 논문자료를 활용하여 산학관 기반의 네 가지 유형의 트리플힐릭스 네트워크를 시기별로 시각화하였다. 북한과 중국의 과학기술협력은 양국의 대학 간에 가장 활발하게 일어나고, 그 다음으로 대학-정부, 정부-정부, 대학-산업 순으로 이루어지고 있다. 표 5는 시기별로 네 가지 유형의 트리플힐릭스 협력네트워크에 대한 구조적 특성의 변화를 보여 주고 있다. 양국의 대학-대학 협력네트워크의 규모는 두 시기에 걸쳐 개체 수가 2배로 증가하였다. 대학 개체 간의 관계 수는 약간 증가했으나, 평균연결 값이 12.7에서 4.41로 크게 떨어져 양국의 대학 간 협력관계의 응집성은 오히려

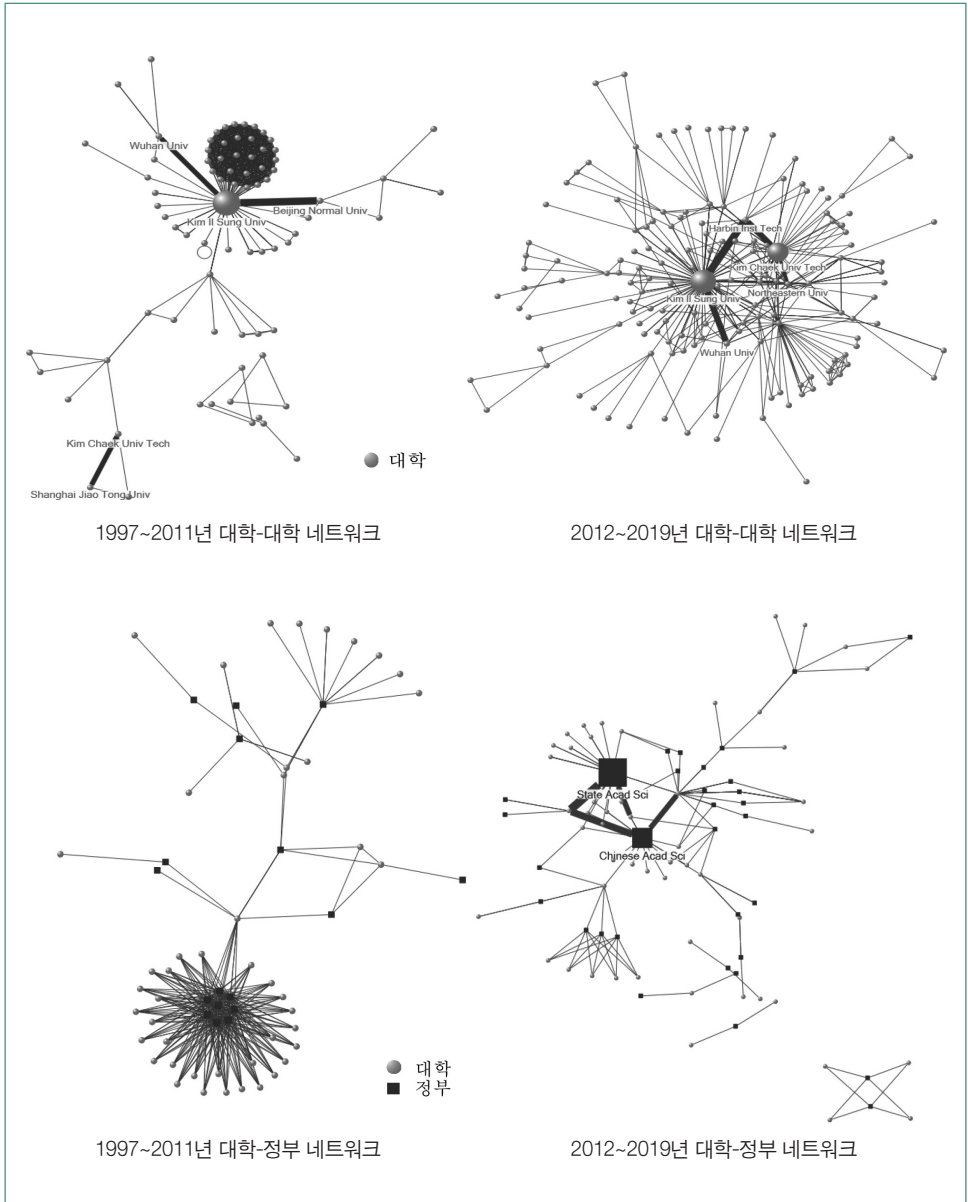


그림 5 시기별 네 가지 유형의 트리플릭스 네트워크 변화

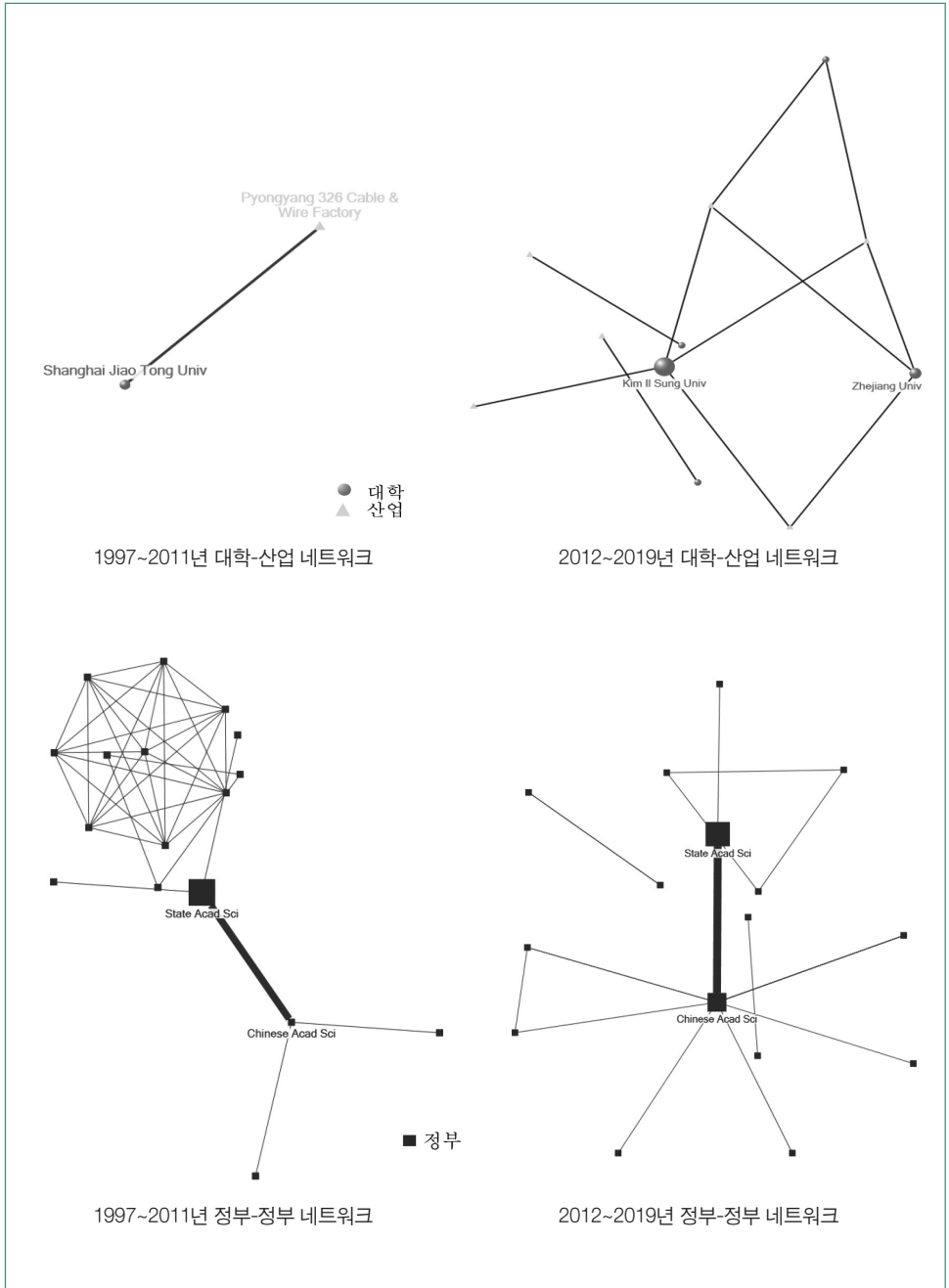


그림 5 시기별 네 가지 유형의 트리플헬릭스 네트워크 변화(계속)

표 5 네 가지 유형의 트리플릭스 협력네트워크의 구조적 특성 변화 비교

네트워크 속성	대학-대학		대학-정부		대학-산업		정부-정부	
	1997~ 2011년	2012~ 2019년	1997~ 2011년	2012~ 2019년	1997~ 2011년	2012~ 2019년	1997~ 2011년	2012~ 2019년
Number of Nodes	78	150	63	84	2	11	17	16
Number of Edges	546	608	275	148	1	11	39	40
Average Degree	12.70	4.41	8.51	2.67	1	2	4.24	1.75
Centralization (%)	44.56	43.35	34.66	18.47	0	20	17.28	35

감소했다고 볼 수 있다. 그림 5에 따르면, 두 시기의 대학-대학 협력네트워크의 관계는 북한의 김일성종합대학을 중심으로 형성되고 있음을 알 수 있다. 김일성종합대학에 편향된 네트워크의 집중도는 시간의 흐름에 따라 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

대학-정부 협력네트워크는 시간의 흐름에 따라 네트워크의 크기가 증가하는 경향을 보였으나, 협력관계의 수는 약 1.8배 정도 감소하였다. 네트워크의 평균 연결 값이 감소한 것을 고려해 볼 때, 협력네트워크의 밀도는 두 시기에 걸쳐 약 3배 정도 떨어지는 모습을 보였다. 두 번째 시기의 대학-정부 협력네트워크의 집중도 역시 1.8배 정도 감소하였는데, 이는 양국의 과학원과 대학 간의 협력관계가 다양화되면서 네트워크 관계가 한 개체에 편향되는 성향이 줄어들었다고 볼 수 있다.

대학-산업 협력네트워크의 발전 정도는 다른 협력네트워크의 유형에 비해 상대적으로 미약하게 나타났지만, 두 번째 시기에 들어 협력네트워크의 크기가 증대되는 양상을 보였다. 초기 네트워크 형성에 있어서는 북한의 기업체인 평양326전선공장(Pyongyang 326 Cable & Wire Factory)과 중국의 상하이교통대학 간의 협력관계가 일시적으로 형성되는 모습을 보였으나, 두 번째 시기에는 5개의 중국기업과 북한의 김일성종합대학, 중국의 저장대학과 화베이전력대학(North China Electric Power University), 미국의 University of Rochester Medical Center와 Texas A&M University 등 다양한 연구기관들이 협력네트워크 관계를 형성하였다. 김일성종합대학은 대학-산업 협력네트워크에서도 높은 연결정도 중심성을 보이며, 중국 기업체와의 공동연구에 적극적으로 참여하는 핵심 주체로 확인되

었다.

정부-정부 협력네트워크는 시간의 흐름에 따라 네트워크를 구성하는 개체 수나 개체 간의 연결 수에 있어 큰 변화가 없는 것으로 보인다. 그러나 두 번째 시기에 들어 협력네트워크의 밀도가 낮아지면서, 양국의 정부기관 간에 형성된 협력네트워크 관계의 응집성은 크게 감소되었다. 또한 동 시기에 양국의 정부기관 간에 협력네트워크의 집중도가 높아졌는데, 이는 북한의 SAS와 중국의 CAS 간의 협력이 크게 증가한 것을 반영한 결과라고 할 수 있다. 특히 양국의 국가 과학원 간의 협력정도는 2016년도 이후에 더욱 심화되는 경향을 보였다. 중국의 CAS는 양국 정부기관 간의 협력네트워크에서 높은 연결정도 중심성을 보이며, 정부기관 간의 협력네트워크에서 높은 영향력을 행사하는 것으로 확인되었다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 1997년도부터 2019년도까지 국제학술지에 발표된 북한-중국 공저자 논문을 활용하여 양국 간의 과학기술협력 네트워크의 구조를 분석하였다. 북한과 중국의 과학기술협력 네트워크의 구조는 김정은 정권의 집권 이후 협력네트워크를 구성하는 개체 수의 증가와 함께 개체 간의 협력범위가 공학 분야로 확대되는 모습을 보였다. 양국 간의 과학기술협력은 북한의 소수의 상위 대학기관들이 중국과의 과학기술협력을 주도하는 반면에, 중국은 과학원을 필두로 다수의 대학기관들이 북한과의 과학기술협력에 참여하는 특징을 보였다.

북한-중국 과학기술협력은 오랫동안 양국의 정치적인 우호관계를 유지하기 위한 수단으로서 주로 국가 과학원 간의 교류로 이루어져 왔고, 전반적인 협력의 성과도 크게 나타나지 않았다(이춘근, 2015). 그러나 2010년도에 들어 과거의 정치적인 관계에 기반에서 이루어지는 외향적 성격의 협력보다는 가시적인 성과를 강조하는 협력으로 그 성격이 변질되고 있다고 볼 수 있다. 특히 북한의 김일성종합대학과 김책공업종합대학은 협력네트워크에서 핵심 주체로 등장하면서, 최근 다수의 중국 대학과 수행한 공동연구의 성과를 국제학술지에 적극적으로

로 발표하는 모습을 보였다.¹

북한-중국 과학기술협력 네트워크 구조를 트리플헬릭스 모델의 관점에서 살펴보면, 이들의 과학기술협력 모델은 현재 전환기에 있음을 확인하였다. 과거 양국의 과학기술협력 모델은 사회주의 국가형의 트리플헬릭스I모델을 지향하며, 특히 산업부문을 협력에서 배제한 채 국가 과학원이나 정부부처의 주도로 정부-대학, 정부-정부, 혹은 대학 영역에서 주로 협력네트워크가 형성되었다. 그러나 2010년도 이후부터 대학 간의 자율적인 공동연구가 활성화되면서, 대학이 과학기술협력 모델에서 중요한 주체로 부상하였다. 양국 간의 협력네트워크는 대학 영역에서 크게 확장되었고, 국가 과학원과 대학 간의 협력관계가 보다 다양화되면서, 정부-대학 협력네트워크의 구조가 분산화되는 경향을 보였다. 또한 가지 주목할 점은 최근 북한의 김일성종합대학이 여러 중국 기업들과의 협력 관계를 형성하기 시작하면서, 양국 간의 대학-산업 협력네트워크에서 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 북한 산업부문의 혁신역량이 매우 낮고, 일반적으로 대학과 국가 과학원이 산업혁신을 위한 R&D를 대신 수행하기 때문에, 향후 중국의 기업과 북한의 대학 간의 협력을 중심으로 대학-산업 협력네트워크가 발전될 가능성을 보였다.²

위의 분석결과를 종합해 보면, 최근 북한-중국 과학기술협력은 과거 트리플헬릭스I모델에서 벗어나 새로운 전환기에 들어선 것으로 보인다. 그러나 양국 간의 과학기술협력이 트리플헬릭스III모델과 유사하게 전환되기 위해서는 몇 가지 문제점이 존재한다. 첫째, 현재 양국 간의 과학기술협력 네트워크는 대부분 양적인 측면에서 발전을 보이고 있지만, 네트워크 관계의 질적인 수준은 전반적으로 크게 떨어졌다. 다시 말해, 양국 간 협력의 양적인 증가에 비해 협력의 정도나 성과는 여전히 미비한 수준이라고 볼 수 있다. 둘째, 양국의 산업부문 간에

¹ 이는 김정은 정권의 집권 이후, 세계 일류대학 육성을 위해 국제저명학술지에 논문 게재를 장려하거나, 자국 내의 학술지를 세계적인 학술지로 도약시키고자 하는 노력을 반영한 새로운 과학적 관행 때문에 나타난 현상으로 설명될 수 있다(곽명일, 2016).

² 북한은 김정은 정권의 집권 이후 '지식경제' 실현을 위한 첨단기술산업 육성을 강조하는 과학기술정책을 수립할 정도로 원천기술 확보에 높은 관심을 보이고 있기 때문에, 국제적 고립 상황에서 향후 중국 기업과의 협력을 통해 산업부문에 필요한 선진기술을 확보하려는 노력을 기울일 것으로 보인다.

R&D 역량의 격차가 크기 때문에, 향후 양국의 산학관 간 과학기술협력에 있어 산업부문의 참여는 제한적일 수밖에 없다. 중국의 입장에서는 R&D 역량이 낮은 북한의 산업부문과 협력을 추진할 이유가 없기 때문에, 오히려 북한의 주요 연구중심대학이나 과학원이 중국의 산업부문과의 협력을 주도하여 선진기술을 도입하거나 학습할 수 있는 기회를 모색하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

본 연구는 트리플헬릭스 모델을 기반으로 북한-중국 과학기술협력 네트워크를 분석하여, 향후 양국 간의 협력 방향에 대한 시사점을 제시하였다. 그럼에도 불구하고, 본 연구는 다음과 같은 한계점을 가진다. 첫째, 본 연구가 활용하는 국제학술자료는 양국 정부 간의 협정으로 유학과 연수를 통한 인력양성 측면에서 발생하는 공저자 논문을 명확히 구분하지 못하는 한계점이 있다.³ 2000년대 들어 중국의 북한 유학생 수는 확대되지 않고 정체하거나 줄어드는 경향을 보이고 있고, 대부분의 북한 유학생 상당수가 정식 학위과정으로 이어지는 비율이 낮은 실정이기 때문에(이춘근 외, 2016), 최근 북한-중국 공저자 논문 수 급증에 인력양성 측면에서의 양국 교류의 영향은 그다지 크지 않을 것으로 여겨진다. 그럼에도 불구하고, 분석결과의 타당성을 높이기 위해서는 후속연구를 통해 양국 간의 인력양성과 과학기술협력 측면에서 발생하는 공저자 논문의 구분은 필요하다고 할 수 있다.

둘째, 본 연구에서는 양국 간 과학기술협력 성과의 질적인 측면을 고려하지 못하는 한계점이 있다. 따라서 향후 후속연구를 통해서 협력 성과의 양적·질적 측면을 모두 고려할 필요가 있으며, 특히 공저자 논문에 대한 질적 분석을 수행하기 위하여 논문의 피인용 횟수나 인용 네트워크 분석을 활용하는 대안을 모색해 볼 수 있다.

투고일: 2020년 6월 11일 | 심사일: 2020년 10월 7일 | 게재 확정일: 2020년 12월 3일

³ 특히 북한의 연구자는 북한 대학의 교원으로 배치 된 이후 중국으로 유학을 가는 경우가 있는데, 이 때 중국 대학의 지도교수와 함께 작성한 학위논문 등을 양국 간의 과학기술협력이라고 보기에 어려운 측면이 있다.

참고문헌

- 김원진·정영미. 2010. “과학기술분야 국제협력 증진을 위한 아시아 국가 간 공동연구 현황 분석.” 『정보관리학회지』 27(3), 103-123.
- 곽명일. 2016. “김정은 “국제학술회 열고 유학생 받아라”…김일성대에 주문.” 『연합뉴스』 9월 30일.
- 노경란·김은정·최현규. 2016. “국제학술논문을 통해 본 북한의 과학기술 지식생산에 관한 연구.” 『한국비블리아학회지』 27(4), 205-227.
- 박세인. 2011. “과학기술 국제협력의 제도적 진화: 역사적 제도주의의 관점.” 『기술혁신학회지』 14(3), 516-551.
- 서보혁. 2011. “북중러 3국의 협력 실태에 관한 세 가지 질문.” 『통일과 평화』 3(2), 33-64.
- 심원식. 2012. “빅딜, 오픈엑세스, 구글학술검색과 대학도서관의 전자학술정보구독.” 『정보관리학회지』 29(4), 143-163.
- 이춘근. 2002. “학술지 분석을 통해 본 북한의 1990년대 과학기술 연구 동향.” 『현대북한연구』 5(2), 173-198.
- _____. 2005. “북한-중국의 과학기술협력과 시사점.” 『현대북한연구』 8(3), 7-30.
- _____. 2015. “남북한 과학기술협력과 전망.” 『과학기술정책』 25(9), 50-57.
- 이춘근·김종선. 2015. “북한 김정은 시대의 과학기술정책 변화와 시사점.” 『STEPI』 173: 1-29.
- 이춘근·김종선·남달리. 2016. 『북한의 과학기술인력 현황분석과 협력 과제』. 정책연구 2016-17. 과학기술정책연구원.
- 이춘근·이명진·최유나. 2015. 『유라시아 지역 STI 국제협력 전략』. 정책연구 2015-19. 과학기술정책연구원.
- 이혜경·양기덕. 2017. “국내대학의 학술논문 연구업적평가기준 비교 분석.” 『한국도서관·정보학회지』 48(2), 295-322.
- 오동근·여지숙·박상후. 2018. “국제 학술지 발간 개선을 위한 자매학술지의 분석 연구.” 『한국도서관정보학회지』 49(3), 219-240.
- 최창용·강영실. 2015. “학술지를 통해 본 북한의 정보기술동향 분석.” KDI 국제정책대학원 Working Paper 15-04.
- 홍성범·김기국·유철·임상현·이진상·김병목. 2012. 『동북아 과학기술협력 패턴 변화에 따른 대응전략-중국을 중심으로』. 조사연구 2012-01. 과학기술정책연구원.
- 홍은정. 2018. “김정은 시기 북중관계: 지속과 변화의 동학-주북한 중국대사관 홈페이지

- 내용분석을 통해서.” 『인문사회21』 9(3), 1243-1258.
- 홍형득. 2016. 『과학기술정책론-거버넌스적 이해』, 대형문화사
- Choi, S., J. S. Yang, and H. W. Park. 2015. “The Triple Helix and International Collaboration in Science.” *Journal of the Association for Information Science and Technology* 66(1), 201-212.
- Chadegani, A. A., H. Salehi, M. Yunus, M. Farhadi, H. Fooladi, M. Farhadi, and N. A. Ebrahim. 2013. “A Comparison between Two Main Academic Literature Collections: Web of Science and Scopus Databases.” *Asian Social Science* 9(5), 18-26.
- Etzkowitz, H. and L. Leydesdorff. 2000. “The Dynamics of Innovation: From National Systems and “Mode 2” to A Triple Helix of University-Industry-Government Relations.” *Research Policy* 29(2), 109-123.
- Kwon, K. S., H. W. Park, M. H. So, and L. Leydesdorff. 2012. “Has Globalization Strengthened South Korea’s National Research System? National and International Dynamics of the Triple Helix of Scientific Coauthorship Relationships in South Korea.” *Scientometrics* 90(1), 163-176.
- Lander, B. 2013. “Sectoral Collaboration in Biomedical Research and Development.” *Scientometrics* 94, 343-357.
- Park, H. W., J. Yoon, and L. Leydesdorff. 2016. “The Normalization of Co-authorship Networks in the Bibliometric Evaluation: the Government Stimulation Programs of China and Korea.” *Scientometrics* 109, 1017-1036.
- Savanur, K. and R. Srikanth 2010. “Are International Co-publications an Indicator for Quality of Scientific Research?” *Scientometrics* 74(3), 361-77.
- Sun, Y. and M. Negishi. 2010. “Measuring the Relationships among University, Industry and Other sectors in Japan’s National Innovation System: A Comparison of New Approaches with Mutual Information Indicators.” *Scientometrics* 82(3), 677-685.
- Yoon, J. and H. W. Park. 2017. “The Unbalanced Dynamics in Sino-South Korea Scientific and Technological Collaboration: A Triple Helix Perspective with Insights from Paper and Patent Network Analysis.” *Asian Journal of Technology Innovation* 25(1), 184-198.
- Yoon, J., J. S. Yang, and H. W. Park. 2017. “Quintuple Helix Structure of Sino-Korean Research Collaboration in Science.” *Scientometrics* 113(1), 61-81.

Abstract

The Structural Characteristics and Changes in Scientific Collaboration Networks of North Korea and China: A Triple Helix Approach

Jungwon Yoon Hanyang University

This study aims to examine the changing nature and pattern of North Korea-China collaborations in science and technology by employing a network analysis. Internationally co-authored papers are analyzed to uncover overall trends of scientific collaborations between the two countries over the period of 1997-2019. Using co-authored publication data from the SCIE database of Web of Science Core Collection and SCOPUS databases, this study performs a network analysis based on the triple helix perspective to capture major changes in the structural patterns and characteristics of scientific collaborations in two different time periods. The analytical results reveal that the collaboration network has gradually evolved with considerable increases in research collaborations between universities from both countries since the early 2010s. In recent years, the triple helix model for scientific collaborations of North Korea and China is found to be in transition to a new phase, since it has started to deviate from the previous pattern of their collaborations mostly underlying the political interests.

Keywords | North Korea-China, Scientific Collaboration, Network Analysis, Scientometrics, Triple Helix Model

