

---

특허 인용 자료를 활용한 동북아 국가의 산업간 기술지식  
흐름 및 구조 분석: 한국, 일본, 대만을 중심으로\*

(The Analysis of Inter-Industrial Knowledge Flow Structure  
among Northeast Asian Countries Based on Patent Citation  
Data: Comparison of Korea, Japan, and Taiwan)

윤병운\*\*, 이 옥\*\*\*, 박용태\*\*\*\*

---

< 목 차 >

- |            |
|------------|
| I. 서론      |
| II. 배경이론   |
| III. 연구방법론 |
| IV. 연구결과   |
| V. 결론      |

**Summary:** Recently, the notion of National Innovation System (NIS) has attracted considerable attention as a key driver of the economic success. Amongst others, the Northeast Asian countries deserve highlight as central cases of NIS. This research attempts to examine inter-industrial knowledge flows and structure among Northeast Asian countries. To this end, Korea, Japan and Taiwan are selected and the patent citation data, a proxy of disembodied knowledge flows, from United States Patents and Trademark Office (USPTO) are employed for cluster analysis and network analysis. Some meaningful findings are presented and distinctive characteristics of respective countries are contrasted.

---

\* 본 논문은 국가지정연구실사업(NRL) 지원으로 수행되었음.

\*\* 강릉대학교 공학연구소 연구원(e-mail: postman@cybernet.snu.ac.kr).

\*\*\* 서울대학교 산업공학과 기술경영연구실 석사(e-mail: uoneme@hanmail.net).

\*\*\*\* 현 서울대학교 산업공학과 부교수(e-mail: parkyt1@cynernet.snu.ac.kr).

Keywords: National Innovation System(NIS), Knowledge Flows, Patent Citation,  
Innovative Cluster

## I. 서론

최근 동북아 경제가 급성장함에 따라 세계 경제의 새로운 중심지로 동북아 지역의 위상이 높아지고 있으며 동북아 경제 네트워크의 허브를 차지하고자 하는 정책적, 경제적 시도가 싱가포르, 일본, 대만, 한국 등을 중심으로 추진되고 있다. 이러한 움직임은 일본, 한국, 대만 경제의 기존 토대 위에, 중국 경제의 가파른 성장을 계기로 동북아 지역의 교역량이 세계교역량의 30% 정도에 이르게 되었고 세계 GDP의 22%를 차지하는 등(임덕순, 2002), 동북아의 경제가 세계에서 차지하는 비중이 매우 급속도로 증가하고 있기 때문이다. 따라서 동북아 경제 성장의 원동력으로서 국가 차원의 기술 혁신 창출 및 확산 과정을 살펴보는 것은 동북아 지역 경제를 이해하고 나아가 경쟁적인 기술 전략을 수립하는데 필수적이라 할 수 있다. 즉, 다양한 조직들 간의 복잡한 상호 작용에 의한 기술 혁신 과정을 개별 국가의 혁신 시스템(national innovation system; NIS) 차원에서 종합적으로 분석할 필요가 있다.

국가 혁신 시스템은 80년대 중반에 핵심개념과 이를 뒷받침하기 위한 실증분석이 시도된 이후로(Lundvall, 1985; Freeman, 1987) 집중적인 조명을 받고있는 주제로서 최근 들어 기술혁신과정 및 유형이 매우 복잡해지고 다양해짐에 따라 시스템적으로 국가의 기술혁신 과정과 구조를 분석하고자 하는 연구의 중요성은 더욱 부각되고 있다. 특히 OECD나 EU 등과 같은 국제기구에서는 각 국가의 기술혁신을 분석하고 기술정책을 조사하는 틀로서 국가 혁신 시스템의 개념을 활발하게 활용하고 있다(OECD, 1998; Caracosta and Muldur, 1998). 이 개념은 국가간의 기술능력의 차이를 해당 국가에 속하는 기업 활동의 차이로 귀결시키지 않고, 기업들이 혁신활동을 하는데 영향을 미치는 환경으로서 국가 체제 차원에서 기술능력의 차이가 기인한다고 보는 것이다. 다시 말해, 국가 혁신 시스템은 특정 나라 기업들의 혁신 능력을 결정하는 상호 연관된 제도들의 집합(Nelson and Rosenberg, 1994)이며 이 개념의 핵

심은 시장을 통한 경제적 거래로 표현될 수 없는 지식과 역량의 흐름이라고 할 수 있다(Cimoli and Dosi, 1990). 결과적으로 국가 혁신 시스템은 새로운 기술을 획득하고 개량하며 확산시키기 위하여 기술개발 관련 활동 및 상호작용을 수행하는 공공 및 민간부문들간의 네트워크라고 할 수 있다(Freeman, 1987). 따라서 기업간 혹은 기업과 다른 단위(정부 혹은 학계 등)와의 네트워크를 통해 자원과 지식이 교환, 결합됨으로써 혁신을 달성하고 경쟁력을 갖출 수 있게 되기 때문에, 혁신 주체간 네트워크의 특성과 국가적, 산업적 구조 및 제도의 차이가 국가 혁신 체제의 구성 요소가 된다.

이와 같은 국가 혁신 시스템에 대해 개념과 이론 정립, 실증적 분석 등을 시도하고자 하는 다양한 연구가 지속되고 있으며, Porter (1990)와 Lundvall (1992) 등의 연구 이래로 기술 혁신의 창출, 확산, 활용의 메커니즘을 통해 국가별 특성 및 차이를 분석하는 방향으로 관련연구가 진행되어 왔다(Freeman, 2001, 2002; Nasierowski and Arcelus, 2003; Kaiser and Prange, 2004; Chang and Chen, 2004). 특히, 최근에는 국가 혁신 시스템을 이끄는 주요 동력인 기술 지식 확산 과정을 정량적으로 분석하고자 하는 연구(Leoncini et al., 1996; Chang and Shih, 2004)가 주목 받고 있으며, 이들 대부분의 연구는 투입 산출표의 산업연관 관계를 활용한 체화된 기술 지식(embodied knowledge)의 흐름을 토대로 하고 있다. 그러나 실제 기술 지식의 확산은 유무형 재화의 이전에 의한 종합적인 과정으로 분석되어야 하기 때문에 본 연구에서는 기존 연구를 보완, 개선하기 위해 비체화 지식(disembodied knowledge)흐름의 대용지표인 특허 인용 정보를 사용하여 동북아 국가별 국가 혁신 시스템의 구조적 특징을 정량적으로 살펴보고자 한다.

따라서 본 연구의 목적은 다음과 같이 정리될 수 있다. 첫째, 한국, 일본, 대만 등 동북아 3국의 산업간 지식 흐름의 네트워크를 생성하고 이를 토대로 산업을 클러스터링함으로써 산업의 지식 흐름 구조를 생성, 분석하여 동북아 국가들의 국가 혁신 체제의 차이를 제시한다. 둘째, 지식 흐름의 대상을 기존의 체화 지식에서 특허를 활용한 비체화 지식으로 확장하여 분석함으로써 국가간 지식 흐름 차이를 분석한다. 셋째, Pavitt의 산업 분류를 토대로 각 국가의 산업을 군집화하여 지식 흐름을 분석함으로써, 군집간 지식 흐름의 특성에 대한 국가 간 차이를 분석한다. 넷째, 특허 지표를 활용하여 국가별 혁신 활동의 질(quality)과 형태의 특성을 비교한다.

이를 위해, 한국, 일본, 대만의 특허 인용 관계를 활용하여 산업간 기술 지식의 흐름 행렬을 도출하였으며, 도출된 지식 흐름을 바탕으로 네트워크 분석과 클러스터 분석을 실시하였다. 또한 네트워크 지표 및 특허 지표를 활용하여 국가별 산업 연계 구조 및 기술적 특성을 살펴보았다. 본 연구에서 얻어진 국가별 산업간 기술 지식 흐름 및 구조적 특성은 국가 혁신 체제의 성장을 위한 기술 정책 및 전략 수립에 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 다시 말해, 지식흐름 네트워크에서 도출되는 산업간 지식의 수요자와 공급자에 대한 분석하고 지식 방출 및 흡수 측면의 핵심 산업들을 도출하여 중점 산업들과 이들의 파급효과 분석의 토대를 마련함으로써 국가 산업 및 기술 발전을 위한 장, 단기적 계획에 활용할 수 있으며, 타국가들의 지식 네트워크 분석을 통한 선진국 기술 혁신 체제의 벤치마킹과 한국의 지식 흐름 현상에 대한 분석을 토대로 한국의 국가 혁신 체제의 현상과 미래상을 제시할 수 있을 것이다. 또한 체화 지식 뿐만 아니라 비체화 지식의 흐름을 제시하여 종합적인 지식흐름 분석을 가능하게 하고, 한국의 혁신 활동의 특성을 제시함으로써 정부차원에서 추진중인 IT839 전략, 6T 등과 같은 기술정책의 세부 수립을 위한 현상분석에 활용할 수 있을 것이다.

## II. 배경이론

### 1. 지식 흐름(Knowledge Flow)

기술 지식은 관점에 따라 매우 다양하게 정의될 수 있다. Rosenberg는 기술지식을 사건과 활동의 집합을 나타내는 지식체계로 작업을 수행하여 특정한 방법을 통해 특정한 결과를 도출하도록 하는 테크닉, 방법 및 설계의 지식으로 정의하였고 (Rosenberg, 1982), 신슈페터주의자들은 기술을 광범위하게 정의하여 실제적 및 이론적 지식들, 절차, 경험 및 물적인 장비의 집합으로 정의한다(Dosi, 1984). 이와 같이 많은 학자들에 의해 개념적인 기술 지식의 정의가 제시되었으나 일반적으로는 실제 생산활동에 유용하게 이용될 수 있는 기술적 지식으로 정의될 수 있다(박광만,

2003). 한편, 기술 지식의 흐름은 산업간 혁신을 유발하고 새로운 경쟁원천의 기회를 제공한다는 점에서 그 중요성이 크게 부각되고 있다. 일반적으로 지식 흐름에 대한 연구는 지식 흐름의 주체에 따라 국가, 산업, 기업으로 분류되며, 지식 흐름의 측정 방법으로는 체화, 비체화 지식을 사용한 지식 흐름 패턴 분석이 주로 사용된다. 체화 지식의 흐름은 기술 집약적인 기계류, 부품, 기타 장비의 구매 등을 통해 기술혁신 관련 지식이 확산되는 것을 의미하며, 비체화 지식의 흐름은 연구인력 간의 접촉이나 리버스 엔지니어링(reverse engineering), 기업간 인수/합병 등과 같은 경로를 통해 새로운 지식과 노하우가 전달되는 것을 말한다(김문수, 1999).

국가간 지식 흐름 분석에는 자본재, 중간재 등에 체화된 지식을 바탕으로한 투입-산출 분석과(Papaconstantinou et al., 1998; Park and Kim, 1999) 특허 및 특허 인용 관계를 활용한 비체화 지식 흐름 분석(Jaffe, 1988)이 주로 사용된다. 산업간 지식 흐름 연구에는 특허 출원 수나 인용 수, 연구 개발 스톡과 같은 지표를 이용한 레온티에프 투입-산출 행렬 분석(Leoncini et al., 1996)이 주로 실시되며, 산업간 연계 구조 파악을 통한 기술 전략 수립 및 경쟁력 강화 측면에서 그 유용성이 증대되고 있다. 끝으로 기업간의 지식 흐름 분석은 주로 다국적 기업의 전략적인 핵심 역량 강화를 위한 기술 지식 활용 및 창출에 초점을 두고 진행되고 있다.

기술 지식의 확산에 따른 혁신의 유발 현상을 정량적으로 살펴보기 위하여 체화, 비체화 지식 흐름의 패턴 분석이 중요시 되고 있다. 이 중, 비체화 지식 흐름 패턴 분석에서는 대용 지표로 특허 인용관계를 이용하여 지식 흐름을 기술 흐름 행렬로 변환한 뒤, 국가 혹은 산업간 R&D 파급효과를 분석하는 연구가 주목 받고 있다(Scherer, 1981). 이것은 특허가 기술 지식의 대용 지표로서, 경쟁자 분석, 기술 가치 평가, R&D 포트폴리오 관리에 유용한 정보를 제공하며(Ernst, 2003), 특허 특허 인용 정보는 인용-피인용 관계를 통한 기술 연계, 기술 영향력, 신기술 활동 분석 등에 활용되는 등 큰 가치를 지니기 때문이다(Karki, 1997).

## 2. 네트워크 분석(Network Analysis)

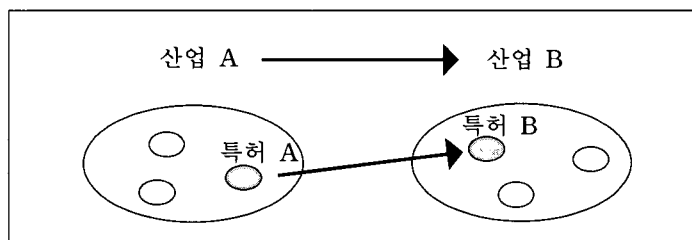
네트워크 분석은 그래프 이론에서 파생된 정량적인 방법으로, 네트워크 상에서 주체들 간의 상호 관계를 명확하게 정의하고, 구조화할 수 있다는 장점을 지니고 있다

(Wasserman et al., 1994). 네트워크 분석은 기본적으로 그래프와 연관 행렬을 바탕으로 하고 있으며, 이를 통해 주체(node)들 사이의 상호관계(edges)를 시각화하여 제공해 줌과 동시에 네트워크 밀집도, 중심화 지수, 노드 중심성 지수 등의 다양한 지표를 활용하여 전체 네트워크의 구조적 특성과 각 노드들의 상대적 속성을 정량적으로 산출할 수 있게 해준다. 이러한 특징을 바탕으로 네트워크 분석은 사회 경제적 현상을 분석하는데 다양하게 활용되고 있다. 세계 각 국가의 정치 및 경제 시스템에서의 연관관계를 규명하고(Synder and Kick, 1979), 혁신의 확산과 채택 관계를 분석하며(김문수, 1999), 지식의 형성과 흐름에서의 인적 네트워크의 중요성을 분석(Rosers, 1995)하는 등 네트워크 분석은 광범위한 영역에서 적용되고 있다. 특히, 산업간 또는 국가간 기술 지식의 창출 및 확산과정을 관련 산업간의 기술 지식의 흐름으로 분석하고자 하는 기술 정책 및 관리 분야에서 네트워크 분석은 기존의 대부분의 기술 정책 관련 연구들이 정성적 차원에 머물렀던 것에서 탈피하여 네트워크라는 시각적 형태와 정량적인 네트워크 지표(index)를 토대로 분석할 수 있다는 측면에서 현상을 객관적이고 정량적으로 바라볼 수 있는 도구로서 유용하게 사용되고 있다(Leoncini et al., 1996; Yoon and Park, 2004). 즉, 네트워크에서 각 노드들의 관계를 근접 행렬(adjacent matrix)로 정량화하여 분석하고, 이를 통해 네트워크를 생성하여 각 노드의 노드 중심성(degree centrality), 매개 중심성(betweenness centrality), 근접 중심성(closeness centrality), 네트워크 전체의 밀도(network density) 등과 같은 정량적 지표를 통해 네트워크 및 노드들의 중요성과 특성에 분석을 가능하게 한다. 따라서 본 연구에서는 특히 인용 자료를 토대로 도출된 각 산업간의 지식 흐름 행렬에 네트워크 분석을 적용하고자 한다. 이를 통해 산업간 기술 지식흐름의 연관관계를 시각화하고 개별 산업의 특성을 정량적으로 판단할 수 있을 것이다.

### III. 연구 방법론

#### 1. 산업간 지식 흐름

본 연구는 동북아 국가의 산업간 비체화 지식흐름을 바탕으로 각 국가별 산업 기술 지식 연계 구조와 특성에 대해 분석하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 산업간 비체화 지식 확산의 대응 지표로써 특허 인용정보를 활용하였다. 이는 특허 인용 관계가 각 특허가 속한 산업간의 지식 연계에 대응된다는 관점에서 적용된 것으로써, 특허의 인용 흐름으로부터 산업간 비체화 지식흐름을 도출하였다. 특허간의 인용관계는 새로운 기술이 개발되는데 기존 특허의 지식을 활용하는 것으로서 기술간, 산업간 지식흐름의 양상을 분석하는 데 대응지표로서 매우 유용하게 활용되고 있다 (Park et al. 2005). 이러한 특허 정보는 기술혁신을 분석하는 거의 유일한 데이터베이스로 받아들여지고 있고 제도적으로 기술적 가치 및 내용을 검증받는 장치가 마련되어 있으며, 대부분 기업의 경우 특허를 통해 각 기업이 개발한 기술의 전유권 (appropriability)을 확보하려 하기 때문에 산업별 특허 활동의 차이 등의 한계점에도 불구하고 기술혁신에 대한 연구에서 폭넓게 이용된다. 산업간 지식흐름을 도출하는 과정은 <그림 1>에서 제시한 바와 같이 특허 B가 특허 A를 인용한다면, 특허 A에서 특허 B로의 지식 흐름이 존재하며, 이것은 특허 A가 속한 산업 A에서 특허 B가 속한 산업 B로의 지식흐름이 존재한다는 것을 토대로 한다. 이와 같이 각 산업에 속하는 특허들의 인용관계를 집합적으로 분석함으로써 산업간의 지식흐름으로 환원할 수 있을 것이다. 도출된 지식흐름의 패턴은 지식 연계 구조 분석을 위한 척도로 간주하였으며, 이를 산업 연계 구조 분석의 기초 자료로 활용하고자 한다.

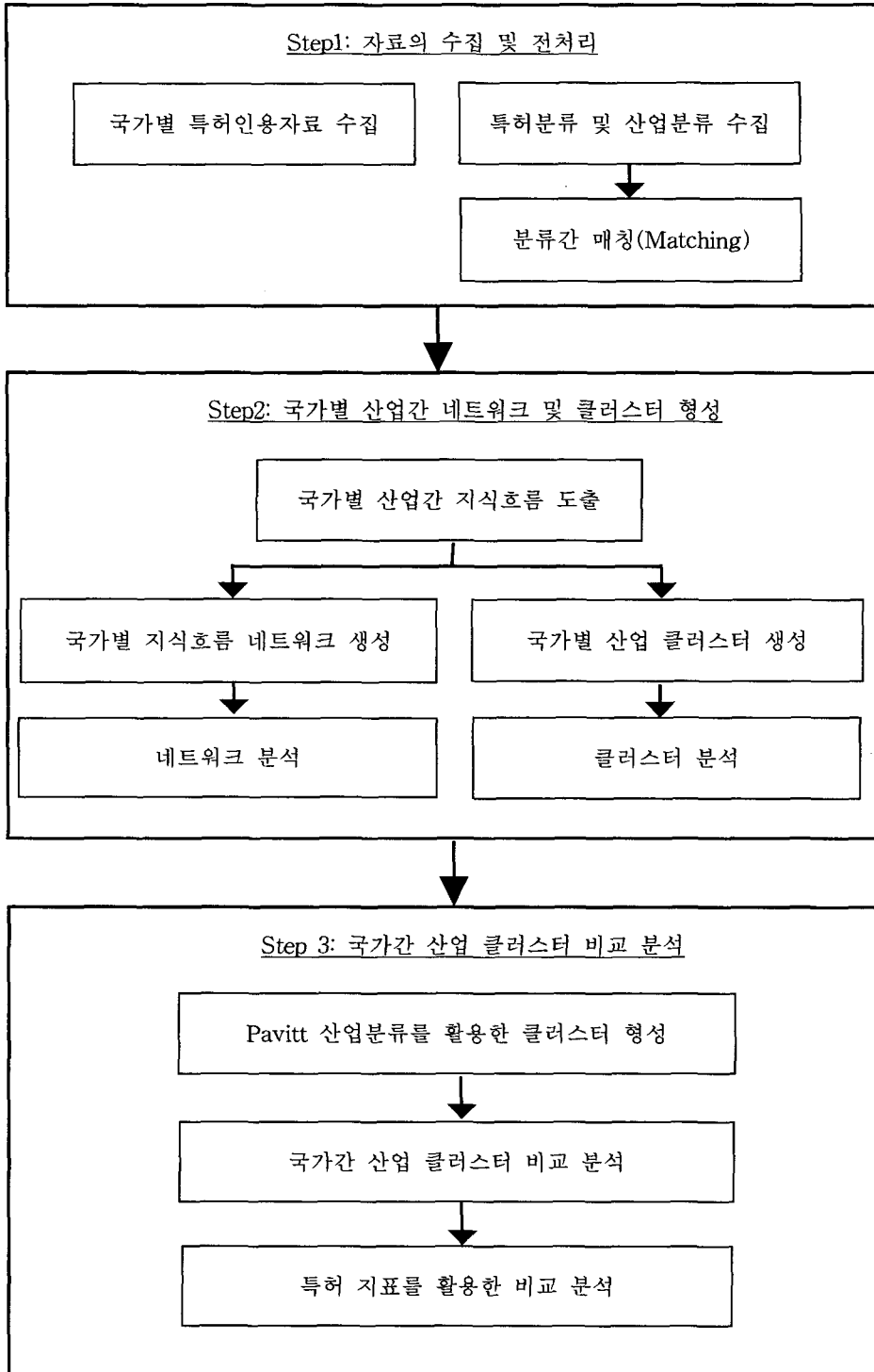


<그림 1> 산업간 지식연계의 개념

## 2. 연구 설계

본 연구에서는 분석 자료로 미국 특허청(United States Patent and Trademark Office; USPTO)에서 제공하는 특허 인용 데이터를 사용하였다. 미국 특허는 미국 특허청에서 제시하는 기술분류에 의해 분류되고 있으며 분류 수준은 대분류 460개, 중분류 150,000 개로 구성되어 있으나, 기술발전에 따라 지속적으로 새로운 분류체계가 추가되는 형식으로 개정되어 왔기 때문에, 분류기준이 명확하지 않은 단점을 지니고 있다. 본 연구는 특허간 인용 관계를 통해 산업간 지식 연계 구조를 살펴보는 것이기 때문에 기술 수준으로 분류되어 있는 특허 인용 데이터는 특허 분류에서 산업 분류로 전환되는 것이 필요하다. 이를 위해 한국 통계청에서 제시한 표준 산업 분류(Standard Industry Code; SIC)를 적용하여 특허를 재배열하였다. 산업 분류로 매칭(matching)된 특허들의 인용관계를 토대로 각 국가별 산업간 지식 흐름을 도출하였으며, 이를 토대로 네트워크 분석 및 클러스터 분석을 실시하여 국가별 산업간 지식 연계구조 및 그 특성을 살펴보았다. 그러나 분석된 각 국가별 산업 클러스터의 규모와 구성에는 차이가 있기 때문에, 보다 정확한 국가간 산업 연계 구조의 비교를 위해서 Pavitt (1984)의 산업분류를 기준으로 국가간 차이를 분석하였다. 끝으로 특허 지표를 활용하여 동북아 국가들의 기술 특성을 정량적으로 살펴보았다. 전체적인 연구 설계는 다음 <그림 2>와 같으며, 이를 통해 동북아 국가별 산업 지식 네트워크의 특성을 파악하고, 각 국가별 산업 클러스터의 기술적 특성을 비교 분석할 수 있을 것이다.





<그림 2> 연구의 흐름도

## IV. 연구 결과

### 1. 분석 자료

본 연구에서는 미국 특허청에 등록된 특허자료를 토대로 미국 국가경제연구소(National Bureau of Economic Research; NBER)가 가공한 특허 인용 자료를 사용하였다. 본격적인 분석은 동북아 국가 중 경제 규모와 산업 수준을 고려하여 한국, 일본, 대만으로 그 대상을 한정하였으며, 데이터 가용성을 고려하여 1995년부터 1999년 사이에 출원된 특허 인용 자료를 수집하였다. 수집된 특허 자료는 특허 분류에 의해 분류되어 있으나 분석을 위해 한국 표준산업분류(SIC)의 제조업 분류를 바탕으로 한 29개의 산업으로 재분류하였다. 이 때, 29개 산업은 기존 제조업의 22개 산업분류를 산업별 특허 출원비율을 고려하여 재조정된 것으로서 <표 1>의 산업분류 열에 제시되었다.

<표 1> 산업분류와 특허분류의 매칭<sup>1)</sup>

산업분류	특허분류	산업분류	특허분류
음식료품 및 담배(1)	930, 127, 131, 217, 426	컴퓨터(하드웨어)(16)	345, 347, 349, 708, 709 등
섬유(2)	086, 089, 102, 512, 422 등	전기발전, 전환 및 제어장치(17)	323, 324, 363
목재 및 나무(3)	264, 310, 313, 314, 315 등	절연선 및 케이블(18)	174, 200, 218, 245, 279 등
종이 및 인쇄(4)	015, 023, 012, 036, 069 등	전구 및 조명 장치(19)	310, 313, 314, 315, 318 등
코르크 및 석유제품(5)	048, 055, 138, 261, 374 등	기타 전기기기(20)	322, 439
기초 화합물(6)	095, 096, 201, 202, 203 등	반도체 및 전자부품(21)	219, 330, 331, 338, 438 등
의약품(7)	424, 514	통신, 영상, 음향 장비(22)	352, 353, 181, 244, 332 등
기타 화학 제품(8)	208, 204, 429	의료용 기기(23)	128, 433, 436, 600, 623 등
고무 및 플라스틱(9)	106, 152, 425, 520, 528 등	정밀 기기(24)	073, 177
비금속 광물제품(10)	004, 065, 117, 501, 502	자동차(25)	105, 123, 180, 185, 188 등
1차 금속(11)	029, 030, 034, 059, 072 등	기타 운송장비(26)	104, 238, 404, 116, 246 등
조립 금속(12)	198, 493, 901	기타 제품 제조업(27)	290, 392, 060, 432, 250 등
일반목적용 기계(13)	007, 016, 024, 033, 049 등	기타(28)	518, 300, 047, 460, 071 등
공작기계(14)	074, 277, 285	컴퓨터(소프트웨어)(29)	360, 365, 700, 380, 084 등
특수목적 기계(15)	110, 122, 126, 159, 165 등		

1) 5개 이상의 특허분류를 포함한 산업분류는 5개의 특허분류만 제시하였으며, 산업분류는 본문에서의 구별을 위해 번호를 부여하였음.

특허분류에서 산업분류로의 재분류를 통해 특허간 특허 인용 횟수를 각 산업간의 특허 인용 횟수를 전환하고, 이를 토대로 한국, 일본, 대만의 산업간 지식 흐름 행렬을 도출하였다. <표 1>은 본 연구에서 재조정된 산업분류와 미국 특허청의 특허분류를 산업 및 기술 특성을 고려하여 매칭시킨 자료를 정리한 것이다. <표 1>에서 460개의 미국 특허 분류를 각 특허 분류가 가지고 있는 특성을 고려하여 29개의 산업 분류에 매칭함으로써 특허간의 지식흐름은 산업간의 지식흐름으로 전환되었다. 이를 토대로 도출된 산업간의 지식흐름은 국가별 특허수의 차이로 인해 상호 비교분석이 용이하지 않기 때문에 이를 보정하기 위하여 특허 인용의 절대량이 아닌 상대량을 사용하였으며, 산업간 지식 흐름 패턴을 명확히 분석하기 위하여 같은 산업 내의 특허 인용 정보는 제거하였다. 최종적으로 얻은 산업간 지식흐름 행렬에 대해 대표적으로 한국 사례를 <표 2>에서 제시하였다. 지식흐름 행렬의 행은 지식을 방출하는 산업이고, 열은 지식을 흡수하는 산업이다. 예를 들어 산업 22로 표시되어 있는 통신, 영상, 음향장비 산업의 전체 지식방출 중 53%가 산업 16으로 표시된 컴퓨터(하드웨어) 산업으로 흡수되고 있다.

<표 2> 한국의 산업간 지식 흐름 행렬(%)<sup>2)</sup>

산업	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	0	0	0	1	0	1	3	9	2	0	3	7	8	0	44	3	1	0	0	9	1	0	0	1	2	0	1	9	0
2	0	0	0	1	0	2	0	14	1	0	1	4	18	0	8	5	7	0	0	5	1	7	3	2	1	1	3	13	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	29	50	0
4	0	0	0	0	0	16	1	4	3	0	2	1	0	0	7	24	0	0	0	0	0	12	1	0	0	0	3	27	0
5	0	0	0	0	0	23	0	2	0	2	5	16	14	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	16	0	0	14	0
6	1	2	0	0	0	0	28	31	7	0	1	0	8	1	1	0	2	0	1	0	0	1	1	2	1	0	1	10	0
7	13	2	0	0	0	49	0	13	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	13	3	0	0	0	3	0
8	1	1	0	0	0	11	3	0	2	1	7	3	8	0	1	6	5	1	4	3	15	3	7	4	3	0	1	9	0
9	1	2	0	0	0	23	4	16	0	0	12	1	3	0	4	1	0	0	0	1	3	0	1	1	0	0	1	23	0
10	0	0	0	0	0	1	0	24	3	0	5	4	0	3	4	15	0	0	4	0	9	4	13	3	0	0	3	5	0
11	0	0	0	0	1	3	0	10	2	1	0	7	3	1	11	19	4	1	4	2	13	1	4	2	2	0	0	8	0
12	1	0	0	0	0	0	0	17	0	0	11	0	17	1	13	2	4	0	1	4	4	1	3	1	2	2	2	12	1
13	2	5	0	0	2	4	0	12	1	0	2	13	0	0	2	4	9	1	1	3	0	5	1	2	17	2	3	6	1
14	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	9	12	12	0	30	9	0	0	0	3	0	3	0	3	0	0	3	6	0
15	5	1	0	0	0	1	0	5	3	0	9	8	6	3	0	5	9	1	6	7	5	3	7	4	1	0	3	8	0
16	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	2	1	1	0	2	0	14	1	3	3	7	46	6	3	2	0	0	3	0
17	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	3	1	4	0	1	25	0	2	5	9	29	8	2	2	2	0	1	2	0
18	1	0	0	1	0	0	0	10	0	0	2	2	0	0	1	14	22	0	2	11	2	18	1	10	0	0	0	2	0
19	0	0	0	0	0	0	1	8	0	2	2	1	1	0	3	11	21	1	0	3	7	20	6	3	1	0	0	10	0
20	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	3	4	2	1	2	16	24	2	6	0	12	7	1	2	1	0	2	7	0

2) 시각적 표현을 위해 <표2>의 각 산업의 표시는 <표1>의 산업분류 번호를 활용하였음.

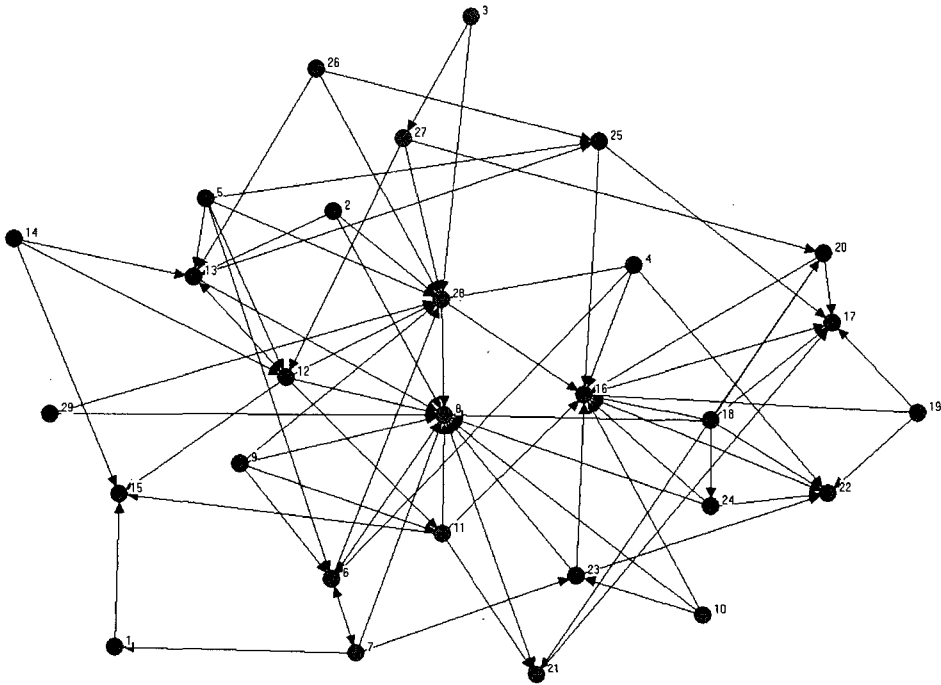
산업	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
21	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	9	2	0	0	2	9	43	1	5	8	0	2	2	1	0	0	0	4	0
22	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1	1	2	0	2	53	8	1	10	3	1	0	6	4	1	0	1	2	0
23	0	1	0	1	0	1	0	10	1	0	3	3	1	0	9	20	7	0	3	2	5	23	0	5	0	0	1	3	1
24	0	1	0	0	0	0	0	15	1	0	4	4	3	0	5	13	9	1	4	4	5	17	9	0	1	1	1	3	0
25	0	0	0	0	1	0	0	5	1	0	3	5	36	1	1	17	15	0	0	1	0	2	0	1	0	6	1	3	0
26	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	1	9	12	0	1	10	1	0	0	0	1	1	6	0	27	0	2	17	0
27	0	2	0	0	0	2	0	4	0	0	1	14	8	0	3	4	3	0	2	17	2	9	2	0	2	6	0	21	0
28	1	2	1	2	0	7	1	12	4	1	3	5	6	1	3	12	6	0	4	6	5	6	2	1	2	3	4	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0

## 2. 분석 결과

### 2.1 국가별 산업간 기술 지식 네트워크

한국, 일본, 대만의 각 국가별 산업간 기술 지식 네트워크를 시각화하고 그 특성을 살펴보기 위하여, 산업간 지식 흐름 행렬을 바탕으로 네트워크 분석을 실시하였다. 이 때, 지식 흐름 행렬은 한 산업에서 다른 산업으로 기술 지식이 확산되는 정도를 나타내는 것으로, 네트워크 분석을 위해 이를 설정된 임계치(cut-off value)에 따라 이항(binary)값으로 변환하였다. 즉, 산업간 지식 흐름의 상대량이 특정 임계치 이상일 경우에만 산업간 연관관계가 존재한다고 가정하였다. 본 연구에서는 임계치를 10%로 설정하여 각 국가별 산업간 지식 네트워크를 시각화하였으며, 이를 토대로 산업간 지식 흐름을 파악하였다. 임계치는 민감도 분석(sensitive analysis)을 통해 임계치를 5%, 10%, 15%로 변경하면서 네트워크 가시성의 정도를 파악하여 시각적으로 분석자가 네트워크를 용이하게 분석할 수 있는 수준을 고려하여 결정하였다. 임계치를 5%로 설정하였을 때 네트워크는 임계치를 초과하는 산업간 지식흐름이 존재하는 것으로 표시되는 연결이 다수 발생하여 네트워크가 매우 복잡하게 구성되며, 임계치를 15%로 설정하였을 때는 지식흐름 여부를 판단하는 수치 기준이 높아, 이 기준을 초과하는 연결은 소수로 존재하기 때문에 산업간 지식흐름 네트워크는 의미있는 분석을 수행할 수 있을 만큼 시각적으로 표현되지 못한다. 따라서 본 연구에서는 민감도 분석을 통해 임계치를 10%로 선택하였으며, <그림 3>은 한국 산업의 지식 흐름 네트워크를 도시한 것이다. 이 네트워크에서 노드는 산업을 표시하며, 링크는 지식흐름의 존재 여부와 방향을 설명하는 것으로서, <표 3>에서 제시한 지식

흐름간의 관계를 네트워크로 시각화한 것이다.



<그림 3> 한국 산업의 지식 네트워크 (임계치=0.10)

<그림 3>에서 제시한 산업의 지식 네트워크에서 다른 산업으로부터의 화살표 입력이 다수 존재하는 산업은 타산업에서 해당 산업으로의 지식 방출량이 임계치를 초과하는 관계가 다수 존재한다고 볼 수 있기 때문에 지식 흡수가 강한 특성을 지닌 산업이며, 지식 방출 측면도 같은 방법으로 설명될 수 있다. 이러한 기준을 적용한다면, 한국의 지식흐름 네트워크에서 기초화학물(6), 기타화학제품(8), 컴퓨터(하드웨어)(16), 전기발전, 전환, 제어장치(17), 반도체 및 전자부품(21), 통신, 음향, 영상장비(22) 등과 같은 산업들은 지식의 흡수 측면이 강한 산업이며, 1차금속(11), 조립금속(12), 공작기계(14) 등과 같은 산업은 지식의 방출 측면이 강한 산업이라는 것을 시각적으로 확인할 수 있다. 또한, 기타 화학제품(8), 조립금속(12), 컴퓨터(하드웨어)(16), 전기발전, 전환, 제어장치(17), 반도체 및 전자부품(21) 등과 같은 산업들은 다른 산업과의 연계가 다수 존재하기 때문에 지식 흐름 네트워크에서 중심적 역할을 수행하는 산업(core node)이라고 할 수 있으며, 음식료품 및 담배(1), 목재 및 나무(3), 컴퓨터(소프트웨어)(29) 등과 같은 산업들은 다른 산업과의 흐름이 거의 존재하

지 않아 부수적 역할을 하는 산업(peripheral node)이라고 볼 수 있다. 따라서 네트워크의 시각적 표현을 통해 각 산업간의 지식흐름 관계와 방출, 흡수 측면의 역할을 분석할 수 있다.

네트워크에서의 시각적 특성에 대한 분석과 더불어 각 국가별 산업간 기술 지식 네트워크 특성을 살펴보기 위하여 네트워크 밀도(density), 중심화 지수(centrality), 노드 중심성 지수(node centrality), 매개도(betweenness)지표를 활용하였다. 네트워크 밀도는 각 산업간의 시스템적인 연결강도를 나타내는 지표이고, 네트워크 중심화 지수는 가장 중심적인 산업과 다른 산업간의 중심성의 차이를 나타내는 지표로서 네트워크에서 주요 산업들의 연결 집중도를 표시한다. 이 두 지표 모두 국가 수준에서 산업간 연관성을 나타내주는 것으로 밀도가 높을수록 산업간 체계적 연계성이 증가하며, 중심화가 클수록 산업 구조의 위계성이 높아진다. 다음으로 노드 중심성 지수와 매개도는 개별 산업 수준의 분석 지표로서, 전자는 각 산업의 기술 지식 방출과 흡수 정도를 통해 영향력 있는 산업의 식별을 위한 것이며, 후자는 각 산업이 지식흐름 경로 가운데 위치하여 산업간 지식흐름을 매개하는 정도를 측정함으로써 서로 다른 산업간 지식흐름의 연계에 중추적 역할을 하는 산업을 파악하는데 유용하다. 각 지표에 대한 구체적인 산출식은 다음 <표 3>과 같으며 각 지표는 최소값 0에서 최대값 1까지의 값을 가질 수 있다(Wasserman et al., 1994).

<표 3> 네트워크 지표

지표	산출식
밀도(density)	(네트워크 노드간 실제 총 연계수)/ (노드간 연계의 가능한 최대 수)
노드중심성(node centrality)	(각 노드별 다른 Node와의 연계수)/ (한 노드의 연계 가능한 최대 수)
중심화지수(centrality)	$\sum(\text{최대 노드 중심성} - \text{각 노드 중심성}) /$ (노드개수 * 최대 노드 중심성)
매개도(betweenness)	(각 노드별 매개 연계수)/ (노드간 연계의 가능한 최대 수)

먼저, 국가 수준에서 각 국가별 산업간 지식 흐름네트워크를 분석한 결과, 일본의

네트워크 밀도가 한국, 대만 보다 상대적으로 높은 값( $D_{JP}=0.243$ )을 갖는 것으로 계산되었다. 이로부터 일본의 산업간 지식 흐름의 연관관계가 다른 두 국가에 비해 좀 더 밀접하게 연결되어 있다고 판단할 수 있다. 한편, 중심화 지수의 경우 세 국가 모두 지식의 방출측면에서는 비슷한 값을 가지나, 흡수 측면에서는 한국이 가장 큰 값( $C_{KR,inflow}=0.53$ )을 보였다. 이것은 한국 산업들의 지식 흡수가 전체 산업으로 분산되어 있는 것이 아니라 특정 산업들(반도체 및 전자부품 산업, 통신, 영상, 음향 장비 산업, 자동차 산업 등)에 의해 높게 점유되는 형태를 취하고 있다는 것을 보여준다. 따라서 한국은 특정 산업이 기술 지식을 활발하게 흡수하는 계층적 산업 구조를 가지는 것으로 판단된다. 한국과 일본은 네트워크의 중심화 지수 측면에서 매우 유사한 양상을 보이고 있으나 대만은 차이를 보이고 있다. 방출 측면에서는 거의 유사하지만 한국과 일본의 중심화 지수보다 높으며, 흡수 측면의 중심화 지수는 매우 낮다. 따라서 대만의 산업 지식 흐름 네트워크는 한국과 일본에 비해 특정 산업들의 지식 방출이 미약하지만 집중되어 있고, 지식 흡수는 분산되어 있는 형태를 보이고 있다. 주목해야 할 필요성이 있는 지식 흡수 측면의 뚜렷한 차이는 대만 산업의 지식 흡수가 한국과 일본의 매우 영향력 있는 산업들의 역할과는 다르게 집중되어 있지 못하고, 이는 대만의 주축 산업들의 역할이 전체 산업에서 차지하는 영향력이 상대적으로 미흡함을 보여주는 결과라고 할 수 있다. 전체적인 결과는 다음 <표 4>에 요약하였다. 밀도와 중심화 지표의 수치는 <표 3>에서 제시한 산출식을 토대로 계산하였다. 우선 밀도의 경우, 전체 네트워크에서 발생가능한 연계수는 노드가 29개이므로 812개( $29 \times 28$ )이며, 한국, 일본, 대만의 네트워크의 실제 연계수는 각각 160, 198, 141개이므로 산출식에 의해 밀도는 각각 0.197, 0.243, 0.173이 된다. 중심화 지수의 경우에는 <표 3>에서 제시한바와 같이, 각 노드들의 노드중심성과 최대 노드중심성의 차이값을 최대 노드중심성 값으로 나눈 값들의 평균값을 계산하여야 한다. 각 국가의 지식흐름 네트워크에서 각 노드의 방출측면 노드중심성을 계산한 결과, 한국, 일본, 대만 각각 18.519였으며 이 수치와 나머지 28개 노드들의 노드중심성의 차이를 계산하여 각 국가의 중심화 지수를 계산함으로써 각각 7.545%, 7.133%, 9.191%의 결과를 도출하였다. 흡수측면의 중심화지수는 한국, 일본, 대만의 흡수측면의 최대 노드중심성 값은 각각 62.963, 59.259, 40.741이었으며 방출측면의 중심화지수 경우와 같은 방법으로 계산하여 각각 53.635%, 49.383%, 32.236%의 결과값을 도출하였다.

<표 4> 국가별 밀도 및 중심화 지수

지표	한국	일본	대만
밀도(D)	0.197	0.243	0.173
중심화지수(방출: $C_{out}$ )	7.545%	7.133%	9.191%
중심화지수(흡수: $C_{in}$ )	53.635%	49.383%	32.236%

밀도와 중심화 지수가 각 국가의 산업 네트워크 전체에 대한 분석이라면, 노드 중심성 지수와 매개도는 각 산업 단위의 분석이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 노드 중심성 지수와 매개도를 이용하여 각 국가별 산업들을 지식 흐름의 특성에 따라 지식 방출형, 흡수형, 매개형 산업으로 분류하였다. 우선 지식 방출형, 흡수형 산업에 대한 분류는 각 산업의 노드중심성을 활용하여 방출 측면의 노드중심성과 흡수 측면의 노드중심성이 다른 산업들보다 지표의 수치가 확연하게 높은 2, 3개의 산업을 각각 지식 방출형 혹은 지식 흡수형으로 분류하였다. 또한 지식 매개형 산업은 각 산업의 매개도를 계산하여 이 수치가 타 산업에 비해 현저하게 높은 산업들은 지식 매개형 산업으로 분류하였다. 먼저, 지식 방출형 산업에는 한국과 일본의 경우, 기타 화학제품, 컴퓨터(하드웨어) 산업이 속하며, 대만은 전기발전, 전환, 제어장치와 조립 금속이 속했다. 지식 흡수형 산업은 한국과 일본의 경우, 컴퓨터(하드웨어), 통신, 영상, 음향 장비 산업이 속하며, 대만의 경우 반도체 및 전자 부품 산업이 속했다. 또한 각 국가 공통적으로 기초 화합물, 일반 목적용 기계와 같은 전통적인 화학 및 기기 제조 산업이 매개도 지수가 높아 주로 기술 지식을 매개하는 역할을 담당하는 것을 살펴볼 수 있었다. 전체적으로, 한국과 일본의 경우 개별 산업의 기술 지식 흐름 특성이 유사한 형태를 지니는 반면, 대만의 경우 두 국가와 약간의 차별성을 지니는 것을 볼 수 있었다. 이것은 한국과 일본은 컴퓨터(하드웨어) 산업에서 기술 혁신이 많고, 대만은 전기 산업에서의 기술 혁신이 많은 부분을 차지하는 데서 기인하는 것으로 보인다. 혁신의 활용 차원에서는 한국과 일본의 경우, 통신, 영상, 음향 산업이 주를 이루며, 대만의 경우에는 반도체 및 전자부품 산업에 집중되었다.



## 2.2 국가별 산업 클러스터

각 국가별 산업 지식흐름의 시스템 구조를 좀 더 명확하게 분석하고, 특정 산업군 내에서의 기술 지식의 확산 정도를 살펴보기 위하여 클러스터 분석을 실시하였다. 즉, 각 산업별 타 산업으로의 지식 흐름을 토대로 유사한 흐름을 보이는 산업들을 군집화함으로써 지식연계가 높은 산업들을 같은 군집에 구분시켰다. 따라서 산업 클러스터를 도출하는 데 활용된 자료는 <표 2>에서 제시한 산업간 지식흐름 행렬이며, 이 행렬로부터 각 산업의 지식흐름 벡터를 활용하여 산업간 지식흐름의 유사성을 유클리디안 거리로 산출할 수 있다. 본 연구에서는 각 산업간 지식흐름의 유사성을 바탕으로 K-means 알고리즘을 사용하여 클러스터링의 수를 증가시키면서 클러스터링을 반복 수행함으로써 적절한 클러스터 개수를 탐색하였다. 클러스터링은 군집 중심간 거리(inter distance)들이 멀수록, 군집 내부 자료들간의 거리(intra distance)는 짧을수록 클러스터가 명확하게 구분될 수 있다<sup>3)</sup>. 군집간 거리가 멀다는 것은 군집의 특성이 극명한 차이를 보인다는 것이며, 군집내 거리가 작다는 것은 유사한 데이터가 그룹핑되어 있다는 것이다. 따라서 클러스터의 개수를 증가시킴에 따라 군집내 거리와 군집간 거리의 비율의 추이를 분석하여, 이 비율이 가장 작게되는 클러스터 개수가 발생하게 될 때까지 클러스터링을 반복한 뒤 종료한다. 본 연구에서는 적절한 클러스터 개수를 분석한 결과, 클러스터의 개수가 7개까지는 군집내 거리와 군집간 거리의 비율이 감소하다가 8개부터는 증가하게 되었다<sup>4)</sup>. 따라서 클러스터의 개수가 7개일 때, 군집간의 구별성은 높고, 군집내의 유사성도 높게되기 때문에, 한국, 일본, 대만의 산업 클러스터의 개수를 7개로 결정하여 세부적인 산업들의 클러스터를 구성하였다. 다음 <표 5>는 동북아 국가들의 산업 클러스터를 제시한 것이다.

3) 군집 중심간 거리가 멀고 짧음은 절대적인 기준은 아니고 상대적인 개념으로서 클러스터 개수 결정을 위해 활용하는 군집중심간 거리/군집내 거리 비율의 설명을 위해 제시한 것임.

4) 클러스터의 개수가 7개일때 군집중심간 거리/군집내 거리 비율이 1.32로서 최소값임.

<표 5> 국가별 산업 클러스터

클러스터	한국	일본	대만
C1	전기발전, 전환 및 제어장치, 절연선 및 케이블, 전구 및 조명장치, 기타 전기기기, 반도체 및 전자부품	전기발전, 전환 및 제어장치, 절연선 및 케이블, 전구 및 조명장치, 기타 전기기기, 반도체 및 전자부품	기타 화학제품, 반도체 및 전자부품, 전기발전 전환 및 제어장치, 전구 및 조명장치, 비금속 광물제품, 절연선 및 케이블
C2	컴퓨터(하드웨어), 컴퓨터(소프트웨어), 통신 영상 음향 장비, 의료용 기기, 정밀 기기	종이 및 인쇄, 컴퓨터(하드웨어), 통신 영상 음향 장비, 의료용 기기, 정밀 기기	컴퓨터(하드웨어), 통신 영상 음향 장비, 정밀 기기, 의료용기기
C3	종이 및 인쇄, 목재 및 나무, 기타 운송장비, 자동차, 기타 제품 제조업	목재 및 나무, 기타 운송장비, 기타 제품 제조업	목재 및 나무, 기타 운송장비, 종이 및 인쇄, 특수목적 기계, 기타 제품 제조업, 기타 전기기기
C4	코크스 및 석유 정제품, 일반 목적용 기계	코크스 및 석유 정제품, 일반 목적용 기계, 자동차	코크스 및 석유정제품, 컴퓨터(소프트웨어)
C5	섬유, 비금속 광물 제품	섬유, 비금속 광물 제품, 컴퓨터(소프트웨어)	섬유, 고무 및 플라스틱, 1차금속
C6	1차 금속, 조립 금속, 공작 기계, 특수 목적 기계	1차 금속, 조립 금속, 공작 기계, 특수 목적 기계	음식료품 및 담배, 조립 금속, 일반 목적용 기계, 공작 기계, 자동차
C7	음식료품 및 담배, 기초 화합물, 의약품, 기타 화학 제품, 고무 및 플라스틱	음식료품 및 담배, 기초 화합물, 의약품, 기타 화학 제품, 고무 및 플라스틱	기초화합물, 의약품

<표 5>에서 볼 수 있듯이, 클러스터 분석 결과 첨단 산업(컴퓨터, 통신, 영상 음향 장비, 의료용 기기 등), 전통 제조 산업(목재 및 나무, 운송 장비, 기타 제품 제조업 등), 화학 산업(기타 화학제품, 기초화합물, 의약품 등)등의 산업 클러스터가 생성되었다. 이는 일반적인 유추를 통한 정성적인 분석결과와 매우 유사한 것이며, 일본의 경우 각 클러스터의 구분이 명확하기 때문에 산업간 연관관계가 구조화, 고도화되어 있다는 것을 간접적으로 나타내고 있다. 전체적인 분석 결과, 앞선 산업간 지식흐름 네트워크 결과와 마찬가지로 한국과 일본의 산업 클러스터가 비교적 유사한 형태를 보이는 반면 대만의 경우 다소 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 대만은 전체적

으로는 유사한 산업들로 클러스터가 형성되어 있으나, 기타 전기기기 산업이 목재 및 나무 산업과 같이 분류되거나 컴퓨터(소프트웨어) 산업이 코크스 및 석유정제품과 분류되는 등 부분적으로 구조화되어 있지 않은 형태를 보이고 있다. 그러나 이러한 해석은 산업 클러스터의 경우 일반적으로 지역적 특성이 반영되기 때문에 지역 편차를 고려한 종합적 판단이 필요할 것이다.

## 2.3 국가간 산업 클러스터 비교

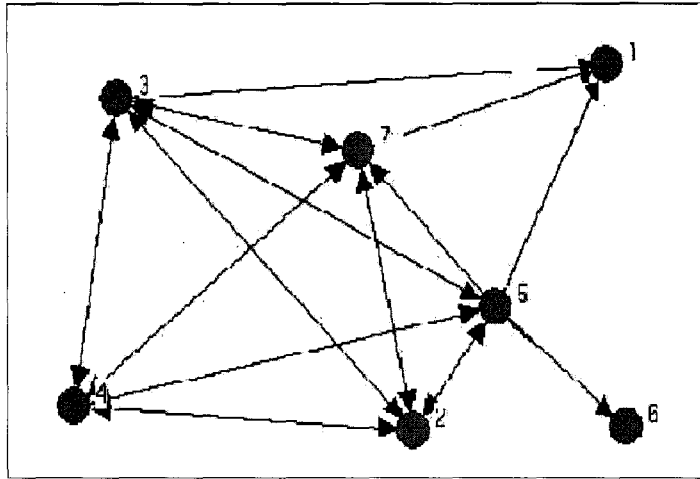
국가별 산업 클러스터 분석에서는 산업별 지식흐름 행렬을 토대로 산업간 지식흐름 네트워크를 생성하고 이를 활용하여 국가별로 산업을 군집화하였다. 이것은 한국, 일본, 대만 산업들의 지식흐름 관계와 전체 지식흐름 구조의 차이를 분석하는 데에는 유용하게 활용되었다. 그러나 국가별로 동일한 수의 산업 클러스터를 생성하였다 할지라도 각 클러스터에 속한 개별 산업들의 내용과 개수가 다르기 때문에 각 산업 클러스터간 특성의 직접 비교는 다소 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 국가간 산업 클러스터의 기술적 특성을 비교 분석하기 위하여 기술혁신의 형태로 산업을 분류하는 Pavitt의 산업 분류(Pavitt, 1984; Niosi, 2000)를 적용하였다. Pavitt은 기술혁신의 원천 및 특성, 전유권 등을 토대로 산업을 공급자지배형(supplier-dominated), 전문공급자형(specialized supplier), 규모집약형(scale-intensive), 과학기반형(science-based)으로 분류하였고 최근에는 정보통신 산업의 발전을 반영하여 정보기반형(information-intensive)을 추가하였다(Tidd et al., 2001). 공급자지배형 산업은 여타 산업의 기업들에 의해 만들어진 자본재와 중간재의 사용으로 기술을 혁신하는 산업들로서 섬유, 의복, 가죽, 인쇄 및 출판 등과 같은 산업들이 속하고 규모집약형 산업은 생산, 설계, 연구개발 등에서 규모의 경제를 확보함으로써 기술혁신의 기회를 획득하는 부류의 산업들로서 자동차, 철강, 시멘트 등과 같은 산업이 포함된다. 전문공급자형 산업은 다른 산업에서 이용되는 자본재를 대상으로한 제품혁신이 주로 발생하는 것으로서 공작기계나 건설장비, 측정기기 산업이 속하며, 마지막으로 과학기반형 산업은 과학의 진보에 의한 새로운 기술패러다임이 등장시키는 것과 관련된 산업들로서 전자산업이나 화학산업 등이 포함된다. 이 분류는 산업을 분류하는 기준을 혁신의 원천에 초점을 맞추었다는 점에서 군집의 기술적 특성을 분석하고자 하는 본

연구의 목적에 부합한다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 최근의 산업 경향을 충실히 고려하여 고전적인 Pavitt의 산업분류에 생명과학 기반형(bio-technology: BT), 정보통신 기반형(information technology: IT) 등을 추가하여 7가지 형태로 재분류하였다. 재분류된 Pavitt의 산업 분류는 다음 <표 6>에서 제시한 바와 같이 고전적 Pavitt 산업분류의 과학기반형을 세분화함으로써 공급자지배형, 규모집약형, 전문공급자형, 전기, 전자 기반형, 화학기반형, 생명과학기반형, 정보통신기반형으로 구성하였다. 앞에서 제시한 29개 산업 중 기타산업을 제외한 28개 주요 산업은 Pavitt이 제시한 각 산업의 기술혁신 원천(source), 기업들의 규모, 기술혁신의 형태 등에 대한 분석과 각 산업분류에 속하는 산업들을 참고하여 7개의 산업분류에 매핑되었다.

<표 6> 재분류된 Pavitt의 산업 분류

산업 분류	해당 산업
공급자 지배형(1)	음식료품 및 담배, 섬유, 목재 및 나무, 종이 및 인쇄
규모 집약형(2)	조립 금속, 비금속 광물 제품, 1차 금속, 자동차, 기타 운송장비, 코크스 및 석유 정제품, 기타 제품 제조업
전문 공급자형(3)	일반 목적용 기계, 공작 기계, 특수목적 기계, 의료용 기기, 정밀 기기
전기, 전자 기반형(4)	전기 발전, 전환 및 제어장치, 절연선 및 케이블, 기타 전기기기, 반도체 및 전자부품, 전구 및 조명 장치
화학 기반형(5)	기초 화합물, 기타 화학 제품, 고무 및 플라스틱
생명과학 기반형(6)	의약품
정보통신 기반형(7)	컴퓨터(하드웨어, 소프트웨어), 통신 영상 음향 장비

<표 6>의 산업 분류는 앞선 <표 5>의 일본 산업 클러스터와 비교할 때 유사한 산업 구조를 가지는 것을 볼 수 있다. 이는 클러스터 분석 결과가 유의함을 정성적으로 보여주는 것이라 판단할 수 있다. 따라서 각 국가간 산업 클러스터 비교 분석을 위해 Pavitt의 산업분류를 활용하여 산업 군집간 지식 흐름 네트워크를 시각화하였다. 네트워크 형성의 과정은 앞에서 <그림 3>을 시각화할 때와 같은 방법으로서, 특허들의 특허 인용 관계를 <표 6>의 산업 분류를 토대로 산업 클러스터간 지식 흐름 관계로 전환하고 이를 활용하여 네트워크를 시각화 시키고 네트워크 분석을 시도하였다. <그림 4>는 한국의 산업 클러스터간 지식 흐름을 민감도 분석을 통해 네트워크로 시각화한 것을 제시한 것이다.



<그림 4> 한국의 산업 클러스터간 지식 네트워크(임계치=0.10)

네트워크 분석에서 네트워크 밀집도, 노드 중심성 지수와 매개도 지수를 활용하여 분석한 결과, 개별 산업에서의 분석과 마찬가지로 일본의 네트워크 밀집도(D)가 가장 높았다. 또한, 중심화 지수와 매개도를 바탕으로 지식 흐름의 특성에 따라 산업 클러스터를 <표 7>과 같이 분류할 수 있었다. 일본과 한국의 경우, 정보통신 기반형 산업들이 다른 산업으로의 지식 방출에서 핵심적인 역할을 하고 있는 반면, 대만은 전문 공급자형 산업들이 지식 방출이 많은 것으로 분석되었다. 이는 한국과 일본의 경우 정보통신 기반형 산업이 산업 구조 전체의 기술 혁신을 주도하지만, 대만은 전 기기기, 반도체를 비롯한 전기, 전자 기반형 산업의 지식 수준이 높고, 정보 통신 기반형 산업들은 타산업에서의 지식의 흡수가 높은 것을 보인다. 이것은 각 국가의 산업 특성의 차이에서 기인한 것으로서, 정보통신 기반형 산업의 경우, 한국과 일본은 산업 혁신의 중심 역할을 하고 있으나, 대만의 산업들은 지식의 활용자로서의 역할을 하는 것으로 볼 수 있다. 전기, 전자 기반형의 경우, 한국은 다양한 산업들의 지식을 활용하는 활용자로, 대만은 지식의 확산자로서의 역할을 하고 있는 특성을 보이고 있다. 일반적으로 한국과 일본은 유사한 구조를 형성하고 있으며, 대만과는 각 클러스터의 역할 측면에서 구분될 수 있다.

<표 7> 각 국가별 산업 클러스터 특성

	한국	일본	대만
지식 방출형 산업 클러스터	정보통신 기반형	정보통신 기반형	전기, 전자 기반형
지식 흡수형 산업 클러스터	전기, 전자 기반형	화학 기반형	정보통신 기반형
지식 매개형 산업 클러스터	화학 기반형	화학 기반형	전문 공급자형

### 3. 특허 지표를 활용한 국가간 비교

#### 3.1 국가간 산업 클러스터의 특성 비교

Pavitt의 산업 분류에 따라 도출된 각 국가별 산업 클러스터의 기술적 특성을 살펴보기 위하여 기술 수명 주기(Technology Life Cycle ; TLC)와 특허 출원인 비율을 산출하였다. 전자는 산업 클러스터의 기술 진부화 속도를 측정하기 위한 것이며, 후자는 기술 개발의 주체를 살펴보기 위하여 사용되었다. 기술 수명 주기는 특정 특허가 인용 관계를 맺고 있는 모든 특허들과의 출원연도의 차이의 평균을 기반으로 특정 특허의 기술 수명 주기를 계산하고, 각 산업에 속한 특허들의 기술 수명 주기를 다시 평균함으로써 각 산업클러스터의 기술 수명 주기를 계산하였다. 따라서 만약 특정 산업의 기술 수명 주기가 짧다면 이 산업에 속한 기술들의 최근의 기술 혁신을 활용도는 매우 높으며, 길다면 과거의 기술들을 활발히 활용한다고 판단할 수 있기 때문에, 기술 진부화 속도를 계산할 수 있다. 또한 특허 출원인 비율에 대한 분석을 통해 특허 권리를 가지고 있는 주체를 정부, 민간(기업), 미양도로 나누어 분석함으로써 기술 혁신의 주도적 역할을 하는 주체와 기술의 상업적 가치를 도출하였다.

기술 수명 주기 측정 결과, 한국과 일본에서는 정보 통신 기반형이, 대만에서는 전기 전자 기반형의 기술 발전 속도가 가장 빠른 것으로 분석되었으며, 세 국가 모두 전통적인 공급자 지배형 산업이 가장 주기가 길게 나타났다. 이것은 국가간 산업 클러스터별 네트워크에서 얻은 결과와 유사한 것으로서, 지식 방출형 클러스터로 분류되었던 산업들의 기술 수명 주기가 짧게 분석되어 이들 산업들은 각 국가의 산업 구조의 중심 역할을 하고 있다고 볼 수 있다. 특히, 한국의 정보 통신 산업 클러스터의

경우 일본보다 빠른 기술 진부화 속도를 보이고 있는데, 이는 90년대 후반 정보 통신 분야에 집중된 한국의 기술 전략에 따른 결과라 판단된다. 다음 <표 8>은 기술 수명 주기 분석결과를 요약한 것이다.

<표 8> 국가별 TLC 분석 결과

	한국	일본	대만
공급자 지배형	11.05	10.11	10.65
규모 집약형	10.10	9.88	10.12
전문 공급자형	9.50	8.75	9.74
전기, 전자 기반형	6.50	7.61	6.07
화학 기반형	9.46	9.66	10.01
생명 과학 기반형	8.90	9.33	9.25
정보 통신 기반형	5.92	6.84	6.52

국가별 특허 출원 주체를 정부, 민간(기업), 미양도로 나누어 그 비율을 분석한 결과, 한국과 일본은 민간 부문이 90%이상인 반면, 대만의 경우 미양도의 비율이 약 47%로 크게 나타났다. 미양도의 경우, 특허를 출원한 이후, 특허의 권리를 특허 출원 개인이 정부나 기업에게 양도하지 않고 개인적으로 보유하고 있는 것으로서, 이 수치가 대만의 경우에 높다는 것은 출원 특허 중 상당수가 상업적 가치가 낮아 기업으로 이전되지 못하여 발생한 결과로 판단된다. 그리고 민간 부문의 클러스터별 특허 출원 비율을 살펴본 결과, 한국과 일본은 정보 통신 클러스터가, 대만은 전기 전자 기반 클러스터가 특허 출원비율이 높았다. 또한 대만의 경우, 타 국가에 비해 생명 과학 기반 클러스터의 특허 출원 비율이 높았다.

### 3.2 국가별 기술 지식 흐름의 특성 분석

특허 인용 정보를 기반으로 국가별 기술 지식 흐름의 특성을 정량적으로 살펴보기 위하여 다음과 같은 지표를 도입하였다. 먼저, 기술지식 재창출 측면에서 자국 특허 인용비율을 산출하였다. 그 결과, 전체 특허 인용 중 일본은 약 50%, 한국은 8%, 대만은 15% 정도로 자국 특허를 재인용하는 것으로 나타났다. 일본의 높은 자국 특허 비율은 미국 특허청에 출원된 일본 특허의 높은 출원 횟수를 반영한 것으로 보이

며, 비슷한 규모의 한국과 대만의 비교에서는, 대만의 국내 기술 지식의 확산 정도가 한국보다 상대적으로 높은 것으로 드러났다. 다음으로, 동북아 네트워크 내에서 기술 지식 확산 정도를 살펴보기 위하여, 한국과 대만의 일본 특허 인용비율을 측정하였다. 분석 결과, 한국은 전체의 36%를, 대만은 17% 정도를 일본특허로부터 인용하였다. 이는 기술 지식의 확산에 있어 지리적 중요성을 반영함과 동시에 상대적인 일본의 한국 산업에 대한 영향력을 알아볼 수 있다. 또한 한국이 정책적으로 구조화, 고도화된 일본의 산업 구조를 추구한다는 앞선 결과와 다소 상통하는 결과라 판단할 수 있다. 전체적으로 동북아 국가간의 인용비율은 50% 미만으로, 아직 미국과 같은 선진국에 기술의존도가 높은 것을 살펴볼 수 있었다.

## V. 결론

본 연구에서는 동북아 국가의 국가 혁신 시스템을 분석하는 초기 단계로서, 한국, 일본, 대만의 산업간 기술지식 연계 구조와 그 특성을 특허 인용 자료를 토대로 살펴 보았다. 각 국가별 산업간 기술 지식 흐름의 특성은 네트워크 분석을 통하여 시각화 되고, 정량적으로 측정되었으며, 산업 간 기술 지식 연계를 바탕으로 국가별 산업 클러스터를 생성하였다. 또한 특허 지표를 활용하여 국가간 산업 클러스터의 특성을 비교 분석하였다.

결과적으로, 개별 산업 수준에서는 일본이 산업간 기술지식의 연관관계가 가장 높 으며, 그 구조가 비교적 고도화 되고 구조화된 것을 확인할 수 있었다. 그리고 한국의 경우 일본과 유사한 기술 지식 흐름 특성과 산업간 연계 구조를 보여주는 반면, 대만의 경우 다소 차별화된 양상을 보였다. 또한 산업 클러스터 수준 에서는 한국과 일본은 정보통신 기반형 산업이, 대만은 전기 전자 기반산업이 기술 지식 확산에 크게 기여하고 있었다. 전체적으로 동북아 지역의 기술 지식 확산에 있어 선진화된 일본의 주도적인 역할과 그리고 지리적 특성 및 기술전략의 차이로 인하여 각 국가별 산업간 기술 지식 연계 구조가 차별화되는 것을 살펴볼 수 있었다.

그러나 본 연구는 분석 대상을 한국, 일본, 대만으로만 한정하였으며, 산업간 기술



지식 연계 구조를 비체화 지식 흐름에만 국한하여 분석했다는 단점을 지니고 있다. 또한 특허인용관계를 산업간 지식흐름 분석에 활용함에 있어 산업별 특허활동의 차이에 대해 고려하지 못했다는 점에서 한계점을 지니고 있다. 따라서 유용한 결과를 도출하기 위해서는 중국 등 다른 동북아 국가를 분석에 포함하고, 체화 지식의 흐름까지도 고려하며 산업별 특허활동의 차이를 반영한 종합적인 분석이 필요하다. 또한 미국 특허청(USPTO)에 출원된 특허 자료만을 활용하여 발생하는 자료의 편중성문제도 고려되어야 할 것이다.

이러한 단점에도 불구하고, 본 연구는 동북아 국가별 산업간 기술 지식 연계 구조와 특성을 특허 인용 정보를 토대로 정량적으로 분석했다는 점에서 큰 의의를 지닌다. 이와 같은 분석 결과는 기술 혁신을 위한 국가 차원의 산업 정책과 기술 전략 수립에 기초를 제공할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 김문수 (1999), “한국 제조업의 지식연계구조 특성과 기술변화”, 박사학위논문, 서울대학교.
- 박광만, 신준석, 박용태 (2003), “요인분석에 의한 기술지식지표의 통합 및 구조화”, 「기술혁신연구」, 제 11권 제 1호, pp. 125-145.
- 임덕순 (2003), 「동북아 R&D 허브 전략: 개념 및 추진 방안」, 서울: 산업연구원.
- Caracostas, P. and U. Muldur (1998), *Society, the Endless Frontier : A European Vision of Research and Innovation Policies for the 21st Century*, European Communities.
- Chang, P. O. and H. Y. Shih (2005), “Comparing Patterns of Intersectoral Innovation Diffusion in Taiwan and China: A Network Analysis”, *Technovation*, Forthcoming.
- Chang, Y. C. and M. H. Chen (2004), “Comparing Approaches to Systems of Innovation: the Knowledge Perspective”, *Technology in Society*, Vol. 26, pp.

17-37.

- Cimoli, M. and G. Dosi (1990), "The Characteristics of Technology and the Development Process: Some Introductory Notes", In Chatterji, M. et al., *Technology Transfer in the Developing Countries*, London: McMillan.
- Dosi, G. (1984), *Technical Change and Industrial Transformation*, New York: St Martin's Press.
- Ernst, H. (2003), "Patent Information for Strategic Technology Management", *World Patent Information*, Vol. 25, pp. 233-242.
- Freeman, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, London: Printer Publishers.
- Freeman, C. (2001), "A Hard Landing for The 'New Economy'? Information Technology and the United States National System of Innovation", *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 12, pp. 115-139.
- Freeman, C. (2002), "Continental, National and Sub-National Innovation Systems-Complementarity and Economic Growth", *Research Policy*, Vol. 31, pp. 191-211.
- Jaffe, A. (1998), "Demand and Supply Influences in R&D Intensity and Productivity Growth", *The review of Economics and Statistics*, Vol. 70, No. 3, pp. 431-437.
- Kaiser, R. and H. Prange (2004), "The Reconfiguration of National Innovation Systems-The Example of German Biotechnology", *Research Policy*, Vol. 33, pp. 395-408.
- Karki, M.M.S. (1997), "Patent Citation Analysis: A Policy Analysis Tool", *World Patent Information*, Vol. 19, No. 4, pp. 269-272.
- Leoncini, R., M.A. Maggioni and S. Montresor (1996), "Intersectoral Innovation Flows and National Technological Systems: Network Analysis for Comparing Italy and Germany", *Research Policy*, Vol. 25, pp. 415-430.
- Lundvall, B.A. (1985), *Product Innovation and User-Product Interaction*, Aalborg: Aalborg University Press

- Lundvall, B.A. (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Pinter Publishers.
- Nasierowski, W and F.J. Arcelus (2003), "On the Efficiency of National Innovation Systems", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 37, pp. 215-234.
- Nelson, R. and N. Rosenberg (1994), "Technical Innovation and National System", In Nelson, R. et al., *National Innovation System*, New York: Oxford University Press.
- Niosi, J. (2000), "Science-Based Industries: A New Schumpeterian Taxonomy", *Technology in Society*, Vol. 22, pp. 429-444.
- OECD(1998), *Technology, Productivity and Job Creation- Best Policy Practice*, Paris: OECD.
- Papaconstantinou, G., N. Sakurai and A. Wyckoff (1998), "Domestic and International Product-Embodied R&D Diffusion", *Research Policy*, Vol. 27, pp. 301-314.
- Park, Y. and M. Kim (1999), "A Taxonomy of Industries Based on Knowledge Flow Structure", *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 11, No. 4, pp. 541-549.
- Park, Y., B. Yoon, and S. Lee (2005), "The Idiosyncrasy and Dynamism of Technological Innovation Across Industries: Patent Citation Analysis", *Technology in Society*, Vol. 27, No. 4, pp. 471-485
- Pavitt, K. (1984), "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and A Theory", *Research Policy*, Vol. 13, pp. 343-373.
- Porter, M. (1990), *The Competitive advantage of Nations*, New York: Free Press.
- Rosenberg, N. (1982), *Inside Black Box: Technology and Economics*, London: Cambridge University Press.
- Rosers, E. (1995), *Diffusion of Innovations*, New York: Free Press.
- Scherer, F.M. (1981), "Using Linked Patent and R&D Data to Measure Inter-Industry Technology Flows". In Grilliches, Z. et al., *R&D Patents*

- and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press for NBER.
- Synder, D. and Kick, E. (1979), "Structural Position in the World System and Economic Growth 1955-1970: A Multiple Network Analysis of Transnational Interactions", *American Journal of Sociology*, Vol. 84, pp. 1096-1126.
- Tidd, J., J. Bessant and K. Pavitt (2001), *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organisational Change*, Chichester: John Wiley.
- Wasserman, S. and K. Faust (1994), *Social Network Analysis: Methods and Applications*, London: Cambridge University Press.
- Yoon, B. and Y. Park (2004), "A Text-Mining-Based Patent Network: Analytical Tool for High-Technology Trend", *The Journal of High Technology Management Research*, Vol. 15, pp. 37-50.