

한국 철강산업 변화와 기술지식 네트워크 형성 과정

박소현*

Changes in Korea Steel Industry and Formation Process of Technology-knowledge network

Sohyun Park*

요약 : 본 논문은 국내 철강산업이 어떻게 기술적 다양화, 조직적 유연화, 지리적 분산화를 경험했는지 조사하고, 그 과정 속에서 기술지식 네트워크가 어떠한 방식으로 형성되었는지 분석했다. 특히 공동출원 자료를 기반으로 기술지식 네트워크를 구축하고, 각 2003년과 2013년 누적네트워크에 대한 k-medoid 클러스터링 분석 및 브로커리지 분석을 실시했다. 그 결과 네트워크 내 행위자가 점차 다양해진 동시에 동일 클러스터 내 내부성이 강화되었고, 산업 내 조직 간 소속, 경쟁, 협력 관계 등이 네트워크 형성에 반영되어 있는 것으로 나타났다. 또한 대기업 및 비영리 연구기관 외에, 중소기업의 브로커 역할이 관찰되었다.

주요어 : 철강산업, 특허, 기술지식 네트워크, k-medoid 클러스터링, 브로커

Abstract : This paper investigates how Korea steel industry has experienced technological diversification, organizational flexibility, and geographical dispersion, and analyzes how technology-knowledge network has formed. The network is constructed using mutual patent data. K-medoid clustering and brokerage analysis are applied. The results indicate actors in network are diversified and links between those who belong to the same cluster get stronger. Network formation reflects affiliation, competition, and cooperation in the industry, and brokerage roles of conglomerates, research institute, and small and medium sized companies are detected.

Key Words : Steel industry, patent, knowledge network, k-medoid clustering, broker

1. 서론

철강산업은 1973년 포항제철 가동을 시작으로 국가적으로 육성된 대표적인 기간산업이자 성숙

산업이다. 철강산업은 비교적 안정적인 시장 환경을 가지고 있는 것으로 여겨졌으나 최근 산업 내 외로 큰 변화를 겪고 있다. 국내외적 제도 및 산업 환경의 변화로 인해 기술 혁신의 수요가 증가하

본 논문은 저자의 석사학위논문의 일부를 수정 및 보완한 것임.

* 서울대학교 국토문제연구소 연구원(Researcher, The Institute for Korean Regional Studies, Seoul National University, where windstay@snu.ac.kr)

고, 현대제철의 일관제철업 진출 등으로 기존 포스코의 독점적 성격이 완화되고 있다. 뿐만 아니라, 포항, 광양에 이어 당진에 철강 클러스터가 새로이 형성되면서 기존 동남해안에서 서해안으로 지리적 분산이 이루어졌다. 특히 경쟁적 시장 환경에 적응하기 위한 기술 혁신에 대한 필요성이 대두되면서 인접 산업과의 기술협력, 대기업-중소기업 기술이전 등 다양한 형태의 기술 개발 노력이 이루어지고 있다. 이는 정책적 측면에서 최근 정부의 '제조업혁신 3.0 실행 대책'의 일환으로 시행되는 산학융합지구 조성 사업, 대기업-중소기업간 협력생태계 구축 사업 등과 맞닿아 있다. 또한 전 세계적으로 금융위기 이후 지역 회복탄력성의 주요 요인으로서 제조업 혁신의 중요성이 재부각되고 있다는 측면에서 성숙산업에 대한 연구가 필요한 시점이라고 판단된다.

최근 혁신 및 기술지식 네트워크 관련 연구에서는 혁신이 기존 보유한 지식에 이질적인 아이디어나 지식의 결합을 통해 이루어질 수 있다고 판단함에 따라, 로컬이나 산업, 조직 등 기존 소속 그룹과 외부의 지식을 연결하여 혁신을 촉진하는 행위자로서 브로커의 역할에 주목하고 있다. 브로커 개념은 경제학 개념에서 출발했으나 사회적 네트워크 이론과 결합하면서 행위자들 간 구조 내에서의 지위로서 파악되고 분석된다. Burt(1992)에 따르면 브로커란, 연결되지 않은 두 행위자 간 지식 및 정보를 중개하는 행위자를 의미한다. Gould and Fernandez(1989)는 브로커를 네트워크 상 구조적 특성에 따라 조정자(coordinator), 매개자(itinerant), 문지기(gatekeeper), 대표자(representative), 중재자(liaison), 총 다섯 가지로 유형화했다. 조정자는 그룹 내에서 여러 행위자들을 연결하는 역할을 하며, 매개자는 다른 동일한 그룹의 두 행위자를 연결한다. 문지기는 그룹의 대표로서 외부 지식을 내부로 연결하며, 대표자는 문지기과 반대 방향으로 내부 지식을 외부로 연결한다. 양방향 네트워크의 경우 문지기과 대표자는 같은 지위에

해당한다. 마지막으로 중재자는 소속되지 않은 서로 다른 두 집단을 연결한다.

어떤 특성을 지닌 행위자가 기술지식을 매개하는가에 대한 실증 연구에서는, 대개 클러스터 혹은 지역 단위에서 외부 지식을 흡수하여 내부 행위자에게 번역하는 문지기 역할에 주목하고 있다. 사례 연구를 통해 거대선도기업(Albino *et al.*, 1999; Giuliani, 2011; Ter Wal, 2013), 비영리 연구기관(Graf, 2011; Kauffeld-Monz and Fritsch, 2013), 다국적 기업(Giuliani *et al.*, 2005), 스피노프기업(Hervas-Oliver, 2012; Ter Wal, 2013) 등의 역할이 규명되었다. 특히 거대선도기업은 외부지식을 수용할 뿐만 아니라, 로컬의 공급기업에게 지식을 이전하여 생산 활동의 질을 향상시키려는 유인이 있다. 따라서 이들은 수직적 네트워크를 이용하여 핵심행위자 역할과 브로커행위자 역할을 동시에 수행하는 경향을 보인다고 알려져 있다.

지식의 브로커리지가 어떻게 이루어지느냐에 대해, Giuliani(2011)는 라이벌 기업들의 경우 서로 지식누출을 꺼리는 경향을 밝히며, 전문가들의 실천공동체(Community of Practice)를 통해 지식 이전이 이루어질 수 있다고 주장했다. 이외 스피노프(Hervas-Oliver, 2012), 노동 이동(Breschi and Lissoni, 2009), 산업 간 상호작용(Ho and Liu, 2011) 등 다양한 동인이 연구되었다. 특히 철강산업 기술 이전 및 혁신과 관련된 연구를 살펴보면, Ribeiro(2007)와 Lazaric *et al.*(2003)은 철강산업 기술은 형식화가 어렵기 때문에 작업장 학습(workplace learning) 혹은 실천에 의한 학습(learning-by-doing)과 숙련 인력의 역할이 중요한 요소임을 강조했다. 국내 사례에서도 유사하게, 송성수(2002)는 포스코가 차관을 통해 신일본제철로부터 기술을 도입하는 과정에서 숙련기술자 방문 훈련 및 일본 연수가 지식 기반을 갖추는 데 중대한 역할을 담당했다고 분석했다.

한편 기존 지리학 내 철강산업 관련 연구에서

는 주요 집적지인 포항, 광양을 사례로 지역과의 상호작용(유성중, 2000; 최희운, 2002; 이정록, 2004), 해당 클러스터 내 네트워크의 특성(김효미, 2005; 박희진, 2006; 김상곤, 2007) 등에 초점을 맞추었다. 그러나 특정 클러스터 분석에 집중해 국가적 스케일에서의 기술 혁신은 충분히 다루어지지 못했으며, 최근 산업 변화에 대한 연구가 부족한 실정이다. 본 연구는 기술적, 조직적, 지리적 측면에서 한국 철강산업의 변화를 살핌으로서 최근 동향을 파악하고, 특히 공동출원 네트워크에 대한 행위자 중심의 분석을 통해 지식 이전 및 기술지식 학습 메커니즘을 이해하고자 한다. 이를 통해 향후 성숙산업 기술 혁신과 관련 정책 도출에 기여하고자 한다.

2. 한국 철강산업의 변화

1) 기술적 다양화 및 고도화

세계적으로 철강산업 내 핵심 공정기술은 약 10년을 단위로 주기적으로 등장했다. 1960~70년대 순산소상취전로법, 1970~80년대 연속주조기술, 1980~90년대 자동공정, 일간직접압연에 이르는 일련의 혁신은 소수의 철강엔지니어링회사와 철강설비제작업체에 의해 주도되었다(과학기술정책연구원, 1999). 핵심 기술 변화에 따른 변화에 적응하지 못하는 기업은 산업 내에서 도태되는 결과를 낳기도 했다. 오늘날 철강산업은 성숙산업으로서 품질개선, 생산능력 증대, 원가절감 등과 같은 공정혁신과 제품혁신에 중점을 두고 있다.

공정혁신의 경우 자동화, 공정 단축 등을 통한 원가절감 기술 개발과 온실가스 규제 정책에 대응하는 친환경 기술 개발에 초점을 두고 있다. 이 둘은 공정을 단축하면 오염물질 배출이 줄어드는 경우가 많다는 점에서 상호 연관된 측면이 있다. 공

정 혁신은 주로 작업장에서 이루어진다는 특징을 지닌다. 기술 고도화로 인해 기존 작업장 학습 개념의 유효성에 의문이 제기되기도 하였으나, 유럽 철강산업 사례연구를 한 Stroud and Paribrother (2006)와 신일본제철과 대영제철 비교연구를 수행한 Collinson(1999) 등에 따르면 개인 간 경험을 통한 점진적 개선, 즉 실천에 의한 학습이 여전히 유효한 것으로 분석되었다.

제품혁신은 제품 다양화 및 고기능화에 초점을 두며, 주로 수요산업과의 연계 안에서 이루어진다는 특징이 있다. 제품혁신은 주로 후공정 부분에서 이루어지며, 생산 현장보다는 전문적인 연구 개발인력에 의해 수행된다는 것이 특징이다. Misa(1995)는 초기 미국 철강 기술 진화에서 수요산업과의 상호작용이 핵심적 요소였음을 주장하면서, 철도, 고층빌딩, 자동차 발명 등의 예시를 제시한 바 있다. 수요산업의 중요성은 오늘날 심화되고 있는 것으로 보인다. 예컨대 자동차산업에서는 차량의 경량화를 통한 비용 감축과 온실가스 배출량 제고를 아젠다로 삼고 있다(모세준, 2013). 철강이 아닌 알루미늄, 마그네슘 등 대체 소재를 활용한 고강도 특수강 개발이 기술 개발의 초점이 되고 있으며, 이로 인해 철강사와 자동차 업계와의 공동 연구가 증가하는 추세이다. 자동차 산업 외에도 전자제품, 선박, 에너지 등 다양한 산업분야, 연구소, 대학, 중소기업 등과의 공동 연구가 크게 증가하면서 철강산업은 기술적으로 다양화되고 고도화되는 추세를 보이고 있다.

2) 조직 통합과 유연화

한국 철강산업에는 제선-제강-압연의 각 생산 공정에 따라 행위자 간 상하 계층구조가 존재한다. 보유 설비 및 생산 제품에 따라 상공정에 해당하는 일관제철업과 전기로제강업, 하공정에 해당하는 판재압연업과 조강압연업 크게 네 가지 세부 산업으로 구분할 수 있다. 상공정에서 생산된 조

강이 하공정에서 제품화되는 구조이며, 하공정일수록 설비 투자비용이 적고 진입장벽이 낮아 기업의 수가 많다. 반대로 상공정일수록 적은 수의 기업이 조강을 공급하고 있기 때문에 상공정 기업들이 강한 시장 지배력을 가진다는 특징이 있다. 이 같은 계층 구조에서 철강산업은 점차 조직적 통합이 이루어지고, 유연화되었다.

2000년대를 전후로 대규모 기업집단을 중심으로 하는 수직적 통합이 이루어졌다. 국내 상공정 설비를 갖추고 있는 대다수의 기업들은 인수합병 혹은 계열분리를 통해 현재의 규모로 성장했는데, 특히 IMF 이후 대규모 구조조정 시기를 거치며 부도 후 남겨진 설비를 구매력이 있는 대규모 기업집단에게 매각하면서 각 기업들은 고유의 설비와 조직적 특색을 구축했다. 특히 현대자동차그룹은 2000년 강원산업 포항공장과 삼미특수강을 인수했고, 2004년에는 한보철강 당진공장을 인수하면서 일관제철업에 진출했다. 이로써 현대제철에서 자동차용 열연강판을 생산해 현대하이스코에 공급하고, 현대하이스코가 생산한 자동차용 냉연강판을 현대자동차와 기아자동차에 공급하는 가치사슬을 갖추게 되었다(한겨레21, 2008). 이로 인해 기존 일관제철업에서의 포스코 독점적 성격이 다소 완화되면서 과점 시장이 형성되었다¹⁾. 다시 말해 한국 철강산업에서 하공정은 경쟁형에 가까운 반면, 상공정은 비교적 시장 경쟁강도가 약하고 가격교섭력이 강한 과점적 구조를 형성하고 있다.

2000년 포스코의 민영화, 2004년 철강재 관세 철폐 등의 제도적 변화와 맞물려 시장 전반적으로 유연화가 진행되었다²⁾. 서구권 기업들이 인수합병에 활발한 반면, 2000년대 이후 아시아권 철강 기업들은 인수합병보다는 전략적 제휴를 선호하는 경향을 보인다. 기존 기업 간 전략적 제휴는 기술 협약 수준이었다면 최근에는 경쟁기업 및 주요산업 기업들과의 R&D, 조달, 생산, 판매 등 가치사슬 전반의 공동 운영으로 확대되고 있다. 특

히 해외 상공정 투자, 자원 개발 등 개별 기업이 단독으로 진출하기에 위험이 큰 사업 분야에서 활발한 양상을 보인다(산업은행, 2006). 이러한 경향은 산업 내 비슷한 경쟁력을 가진 기업들이 늘어나면서 기업 내부의 자원만으로는 경쟁우위를 유지 및 확보하기가 점차 어려워졌기 때문에 동원된 전략이라고 볼 수 있다(탁승문, 2006; Koka and Prescott, 2008). 또한 지분 기반 제휴를 통해 적대적 M&A를 방지하고, 규모의 경제 실현을 통해 원료공급사에 대한 교섭력 강화를 도모하려는 목적을 지닌다. 국내에서도 마찬가지로 한보철강 매각이 종료된 2004년 이후, 인수합병보다는 해외 기업 및 국내 타 기업들과 J/V, 공동 유통 협약, 기술 협약 등 다양한 형식의 행위자 간 네트워크 구축이 활발해졌다. 일례로 포스코와 세아제강은 강관 분야 베트남 진출에서 공동 투자를 통해 공장을 건설한 바 있으며, 세아베스틸은 자동차 특수강 생산 확대를 위해 진양공업 신 공장 건설에 공동 투자했다. 이외 비철소재 기업, 엔지니어링 기업 등 네트워크의 범위가 넓어졌으며, 특히 기초 과학역량을 필요로 하는 2차 소재 산업으로 진출 시 신규 진입을 통한 위험 부담보다는 전략적 제휴를 선호하는 것으로 나타났다(과학기술정책연구원, 2005). 제도적 차원에서 대기업과 중소기업 간 기술제휴에 대해 인센티브를 제공하여 다양한 행위자 간의 상호작용을 증진시키고자 하는 움직임이 나타났다.

3) 지리적 분산과 다중입지

한국 철강산업은 해방 이후 적산 설비를 이용해 삼척, 인천, 부산 등지에 소규모 전기로에서부터 시작했다. 이는 강원도의 석탄을 활용하거나 대도시의 전후(戰後) 고철을 이용하기 위함이었다. 이후 경제개발5개년정책 및 동남권 개발이 이루어짐에 따라, 수출입에 용이한 해안가에 새로운 투자가 이루어지기 시작했다. 1970년대 포항제철 설립

이후 포항과 경상북도 등지, 그리고 1980년대 광양제철소 설립 이후에는 광양과 전라남도 등지를 중심으로 발달했다. 1990년대에는 아산만권 광역개발계획과 지역균형개발정책 등의 영향으로 군산, 당진 등에 철강산업단지가 건설되었으며³⁾, 수도권공장규제정책으로 안산, 평택 등 경기도 남부 지역에 관련 업체들이 집적하는 양상을 보인다. 1997년 외환위기 이후 다수의 철강업체들이 도산하면서⁴⁾ 서해안권의 성장이 주춤했으나 1997년부터 2004년에 걸친 대규모 구조조정과 조업 안정화를 통해 다시 성장세를 보이고 있다⁵⁾. 국내 철강산업의 입지는 포항의 지리적 중심성이 상대적으로 완화되는 방향으로 변화하고 있다. 이는 행위자들이 새로운 집적지로 이전한 것이 아니라 2개 이상의 집적지 내 생산설비를 보유, 즉 다중입지하고 있기 때문에 나타난 현상에 가깝다. 철강산업 내

주요 행위자를 중심으로 입지의 변화를 살펴보면 표 1과 같다. IMF로 도산한 제강업체들이 2000년대 초반 타 기업으로 인수·합병되거나 매매되어 신규 기업 설립으로 이어졌다. 한보철강의 부산제강소는 2002년 YK steel의 창립으로 이어졌으며, 당진제강소는 2004년 현대제철(당시 INI steel)로 인수되었다. 포항에 입지했던 강원산업은 창원의 삼미특수강과 함께 현대제철로 인수되었고, 삼미특수강의 강봉 부문은 포스코로 인수되어 포스코특수강이 되었다. 군산의 기아특수강은 2003년 세아그룹으로 편입되어 세아베스틸이 되었다. 즉, 인수기업들은 피인수기업의 입지 다양성으로 인해 여러 지역에 분산된 설비를 보유 및 운영하게 되었다고 볼 수 있다.

표 1. 한국 철강산업 주요 기업의 공장 준공 연도

	인천	부산권	포항권	광양권	아산만권	군산
포스코			1970년	1985년		
현대제철	1953년*		2000년*	2013년*	2004년*	
동국제강	1972년	1963년	1991년		2010년	
동부제철	1984년				1997년	
한국철강		1957년			2007년	
대한제강		1980년			2011년	
와이케이스틸		2002년*				
환영철강공업					1993년	
포스코특수강		1997년*				
세아제강		1995년*	1978년	2013년*		1998년*
포스코강판			1989년			
현대하이스코		1975년*		1999년	2004년*	
유니온스틸		1967년				
휴스틸				1995년	2005년	
코스틸			1984년			

주: 1) 인수합병의 경우 * 표기

2) 부산권은 경상남도, 포항권은 경상북도, 광양권은 전라남도, 아산만권은 충청도 및 경기남부 포괄
출처: 각 기업 사사 및 홈페이지

3. 철강산업 기술지식 네트워크 구축

1) 자료 구축

본 연구에서는 출원 특허 중 공동출원 데이터를 활용하여, 각 행위자를 노드로, 공동출원을 링크로 하는 기술지식 네트워크를 구축했다. 공동출원 활동이 본격적으로 시작된 1988년부터 2013년까지의 기간에 대해 누적 네트워크를 구축했다. 기존 연구에서는 기술지식 네트워크 구축을 위해 인터뷰를 통한 1차 자료(구양미, 2008; Broekel and Boschma, 2012)나, 국가 R&D 프로젝트(김형주 외, 2008; Hoekman *et al.*, 2009; Broekel, 2012), 기업 간 제휴(Gay and Dousset, 2005) 등 2차 자료를 사용했으며, 특히 자료가 상호 학습 및 혁신의 대리변수로 취급되는 것에 대해 몇 가지 한계점이 지적된 바 있다. 그러나 본 연구의 주요 분석 시기인 2000년대 이후 특허의 경제적 가치가 부각되었고, 철강산업 내 수요업체 및 엔지니어링 업체 등 기업 간 공동 연구개발 활동이 강화되고 있다는 점(탁승문, 2006), 특허 공동출원이 지식이전의 대리변수로 적합하다고 볼 수 있다는 점(최해옥, 2015; 정준호, 2016) 등을 고려할 때, 특허 공동출원을 유의미한 자료로 활용할 수 있다고 판단했다. 특허청(2009), 이경철(2014)을 참조하여 국가 과학기술정보센터에서 IPC와 키워드 검색을 혼합하여 추출했다. 1988년부터 2013년까지 총 14,701건의 특허가 추출되었으며, 그 중 한국 국적 출원자가 포함된 공동출원 총 1,332건에 대해 네트워크를 구축했다.

2) 분석 방법

네트워크 분석 방법론 중 클러스터링 기법을 이용하여 한국 철강산업 기술지식 네트워크가 어떠한 국지적 네트워크로 구성되어 있는지, 어떻게

발전했는지를 살펴보았다. 앞서 분석한 철강산업의 변화를 바탕으로 2004년을 분기점으로 판단, 1988~2003년과 1988~2013년 두 개의 누적 네트워크에 대해 분석을 시행했다. 1988~2013년 네트워크에서 고립 링크를 제외하고, 거대 클러스터에 속한 행위자들을 기준으로 분석을 시행했기 때문에 1988~2003년 네트워크는 열린 네트워크 상태이다. 공동출원 횟수를 가중치로 부여했다.

네트워크 형성의 국지적 특성을 살피기 위해 k-medoid 클러스터링을 시행하고 주요 노드를 판별했다. 커뮤니티 구조를 지닌 네트워크에서 영향력 높은 노드를 판별하는 방법론으로 연결중심성, 사이중심성, k-shell 분석법, greedy 알고리즘 등 다양한 방법이 고안되었다. 본 사례는 클러스터 간 규모가 불균등하여 기존 중심성 지표를 사용할 경우 큰 클러스터에 속한 노드의 중심성이 높게 나올 수밖에 없다는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 클러스터링 기법의 일종인 k-medoid 클러스터링 알고리즘과, 영향력 높은 노드를 추출하는 PAM(Partitioning Around Medoids)을 사용하여 클러스터링을 시행하고 각 클러스터의 핵심 행위자를 추출했다(Zhang *et al.*, 2013). k-medoid 클러스터링 방법은 객체들을 주어진 수의 클러스터로 구분하며, k-means 방법에 비해 이상치에 덜 민감하지만 계산시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. PAM은 Kaufmann and Rousseeuw(1987)에 의해 연구된 비계층적 클러스터링 방법으로, 대표적인 비계층적 클러스터링 방법인 K-means와 달리 해당 클러스터에 속하는 객체 중 다른 객체들과의 평균(또는 전체) 거리가 최소가 되는 medoid를 사용하여 분석한다. 여기에서 도출되는 핵심행위자는 Gould and Fernandez(1989)의 분류 중 조정자에 해당하며 해당 클러스터 내에서 가장 높은 지위를 가진 행위자를 의미한다. 브로커행위자 추출에는 k-medoid 클러스터링 결과를 기준으로, Gould and Fernandez(1989)가 고안한 브로커리지 점수 중 중재자 및 문지기 점수가 0점 초과인 노

드를 브로커행위자로 판별하는 방식을 사용했다. 본 연구에서 구축한 네트워크는 양방향 네트워크로 문지기와 대표자가 같은 지위로 분석되므로 용어를 문지기로 통일했으며, 중재자는 해당 노드가 속하지 않은 서로 다른 두 개의 클러스터를 중개한다는 점에서 의미가 있다고 판단했다. 분석에는 Netminer4.0을 활용했다. 분석 결과 해석에 있어서 각 행위자의 기술적, 조직적, 지리적 측면을 고려했다. 모든 행위자가 기업, 대학, 연구원이기 때문에 한국신용평가, 전자공시시스템 등을 통해 각 조직의 표준산업분류, 사업 연혁, 사업장 주소, 계열사, 주요 주주 등의 자료를 구득하여 해석에 반영했다.

3) 기술지식의 다양화와 네트워크 특성

우선 한국 철강산업의 전반적인 기술 변화를 분석하기 위해 전체 출원 특허의 IPC⁶⁾(International Patent Classification)를 분석했다. IPC 3-digit의 전반적인 경향을 살펴보면, 출원된 코드의 종류는 1990년 27개에서 2000년 47개, 2013년 59개로 그 수가 증가했다. 그 중 등록 빈도가 높은 20개의 코드를 선별하여, 시계열에 따른 순위 변화를 분석한 결과, 1990년 상위 20개 코드의 전체 코드 대비 비율은 88.3%였으나, 2013년에는 73.6%로 감소하여 점차 소수 코드의 독점적 출원 경향이 완화되고 다양성이 증가한 것으로 나타났다. 특히 상위 20개 중 6개 코드가 2004년 이후 상위권으로 새롭게 진입한 점을 미루어볼 때, 해당 시기 이후 한국 철강산업 내 질적 기술 변화를 반영하는 것으로 판단된다.

연도별 상위 20개 IPC⁷⁾의 순위 변화를 살펴보면 <그림 1>과 같다. 상위 5위권은 전년도에 걸쳐 1-digit C 코드가 차지하고 있다. C21D는 전체 출원 코드 중 23.6%를 차지하여 전년도 1위를 유지했다. 2위인 C22C는 90년대 중반부터 2003년까지 6~7위였으나 2004년 이후 출원 빈도가 증가

하여 이후에는 2위를 유지했다. 이는 특수강 수요 증가가 합금 기술 개발로 이어졌음을 시사한다. 5위인 C22B는 점차 출원이 증가하여 2013년에는 2위를 차지했다. 비용 절감을 위한 원료의 처리, 즉 전처리 공정에 대한 개발이 증가했음을 보여준다. 이외에 특기할만한 점으로 각 8위와 9위인 C25D, B21D가 2004년 이후에는 10위권 밖으로 밀려났다는 것을 지적할 수 있다. 이는 상대적으로 단순한 공정 혁신과 관련된 전해피복, 금속 가공과 관련된 기술 개발이 상대적으로 감소했음을 의미한다. 한편 2004년 이후 새롭게 순위권에 진입한 코드들을 살펴보면, 최근 주요산업과 관련된 제품 혁신이 활발해지고 있음을 알 수 있다. 일례로 G01B의 경우, 표면 정밀도 측정에 대한 코드로 고기능 강제 개발로 인해 정밀도와 관련된 기술 개발에 적극적으로 참여하게 되었음을 반영한다. H01F는 자기 특성을 갖는 재료와 관련된 특허 코드로 자동차 강판 개발에 필수적인 방향성 강판 관련 연구 및 개발이 증가했음을 보여준다.

다음으로 시기별 누적 네트워크에 대해 기술통계 분석을 실시하여 전역적인 패턴을 파악했다. 공동출원에 참여하는 행위자 수는 매년 증가했다. 전체 특허 출원 행위자의 수는 1993년 103개에서 2013년 259개로 약 2.5배 정도 증가한 반면, 공동출원에 참여하고 있는 행위자 수는 1993년 13개에서 2013년 226개로 17배 증가했다. 네트워크 밀도는 줄어들고 있으며, 그와 동시에 연결정도의 평균값 및 최댓값은 증가했다. 이는 다수의 노드가 소수의 노드와 배타적으로 연결되는 멱함수의 분포⁸⁾를 따름을 시사한다.

1990년대 초반까지는 공동출원 활동 자체가 미미했던 시기로 포스코와 RIST 간의 활동이 주를 이룬다. 이후 1988~2003년 네트워크는 포스코와 RIST, 두 노드와 그들의 공동출원 연계를 중심으로 여러 행위자와의 연계가 늘어나는 양상을 보인다. 시간이 지남에 따라, 기존 포스코-RIST의 중심성이 유지되는 가운데, 다른 중소 규모의 클러

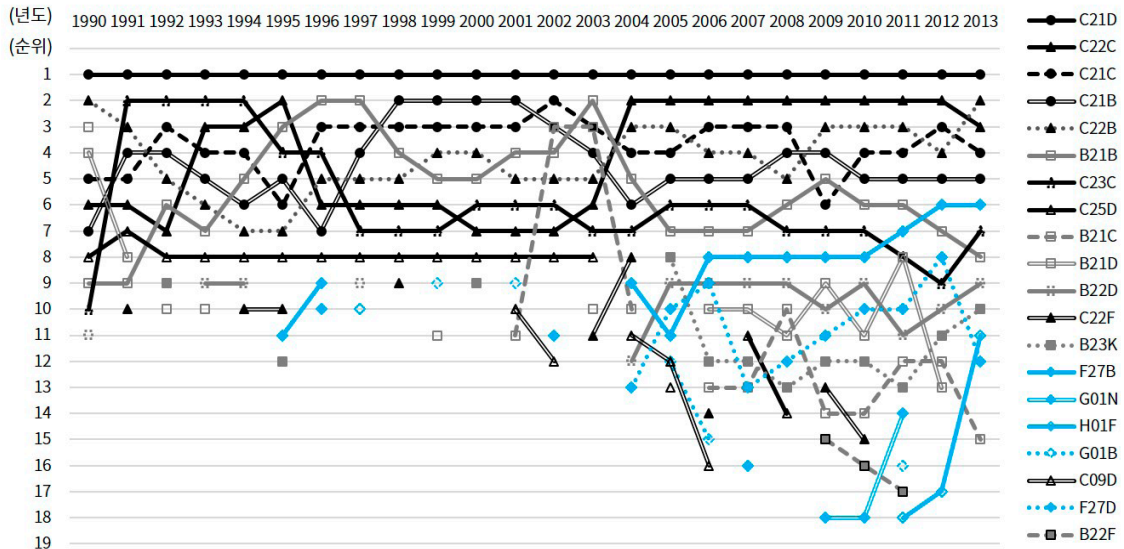


그림 1. 연도별 IPC 3-digit 특허 출원 빈도 상위 20개의 순위

주: 철강산업 관련 국내 출원 특허자료 14,701건의 전체 IPC를 기반으로 분석. 동순위 IPC가 3개 이상인 경우가 있어 그 래프 축 상에는 18위까지만 표기됨.

스터들이 연계되는 형태로 발전했다. 다시 말해, 포스코-RIST가 구축한 중심 클러스터에 한국생산기술연구원, 현대자동차, 현대제철, 유니온스틸 등 포스코 외 여러 행위자들을 중심으로 하는 상대적으로 작은 클러스터들이 결합하는 방식으로 거대 클러스터로 성장했다.

기술지식 네트워크를 구성하는 행위자들 또한 시간이 지남에 따라 다양화되는 경향을 보인다. 종사 산업의 측면에서 철강산업 관련 설비를 보유하고 있는 기업뿐만 아니라, 기계 부품 제조업, 폐기물 처리업, 자동차 제조업, 화학제품 제조업 등 인접 산업과의 연계가 증가했고, 조직적 형식 또한 대기업, 중소기업, 대학 및 연구원 등으로 점차 다양해졌다.

철강산업 관련 기업 중에서는 일관제철업과 판재압연업 종사 기업의 공동출원 활동이 활발한 반면, 전기로제강업과 조강압연업 종사 기업의 활동은 상대적으로 미미한 것으로 나타났다. 전기로제강업에 속하는 동부제철, 동국제강, 한국철강 등

표 2. 시기별 네트워크의 기술통계적 특성

	1988~2003년 네트워크	1988~2013년 네트워크
총 행위자 수	59	146
밀도	0.05	0.021
총 클러스터 수	4	6
모듈화 지수	0.37	0.52

의 단독 출원 건수는 평균 이상이나, 공동출원 건수는 거의 없는 것으로 나타났다. 특히 동국제강은 판재압연업 종사 계열사인 유니온스틸의 공동출원 활동이 활발한 것과 대조적으로 공동출원에 참여하고 있지 않다. 이는 고로에서 생산되는 판재류의 특성상 새로운 강종개발을 통한 시장개발이 가능한 것과 달리, 조강류는 철스크랩을 원료로 전기로제강을 통해 생산되는 제품이기 때문에 강종 개발에 한계를 가지고 있다는 점을 반영하는 결과라고 판단된다.

4. 철강산업 기술지식 네트워크의 형성과정

1) 1988~2003년 네트워크

1988~2003년 네트워크에 대한 k-medoid 클러스터링 결과는 <그림 2>와 같다. 총 4개의 클러스터가 형성되었다. 총 59개 행위자가 참여하였고, 모듈화 지수⁹⁾는 0.37이다. C1, C2, C3가 중심 클러스터를 구성하고 있으며, C4는 중심 클러스터에 연계되지 않고 고립되어 있다. 중심 클러스터 내 4개의 클러스터에서 모두 포스코 관련 행위자들이 중심적인 역할을 하고 있다. 예외적으로 C3는 한국기계연구원이 핵심행위자 역할을 수행하

고 있으나, 포스코 관련 행위자인 포항공과대학교와 현대자동차의 브로커리지를 통해 타 클러스터와 연계되어 있다는 점에서 포스코의 영향력이 크다고 판단된다. 모든 핵심행위자는 브로커 역할을 동시에 하고 있는 것으로 나타났으며, 핵심행위자와 브로커행위자 모두 대기업이거나, 비영리 연구기관인 것으로 분석되었다. 지리적 측면에서, 포스코 등 철강기업들이 집적한 경상북도 지역에 입지한 행위자들이 대다수이다.

2) 1988~2013년 네트워크

1988~2013년 네트워크 분석 결과는 <그림 3>과 같으며, 총 6개의 클러스터가 형성되었다. 총 146개 행위자가 참여하여 네트워크의 규모가 커

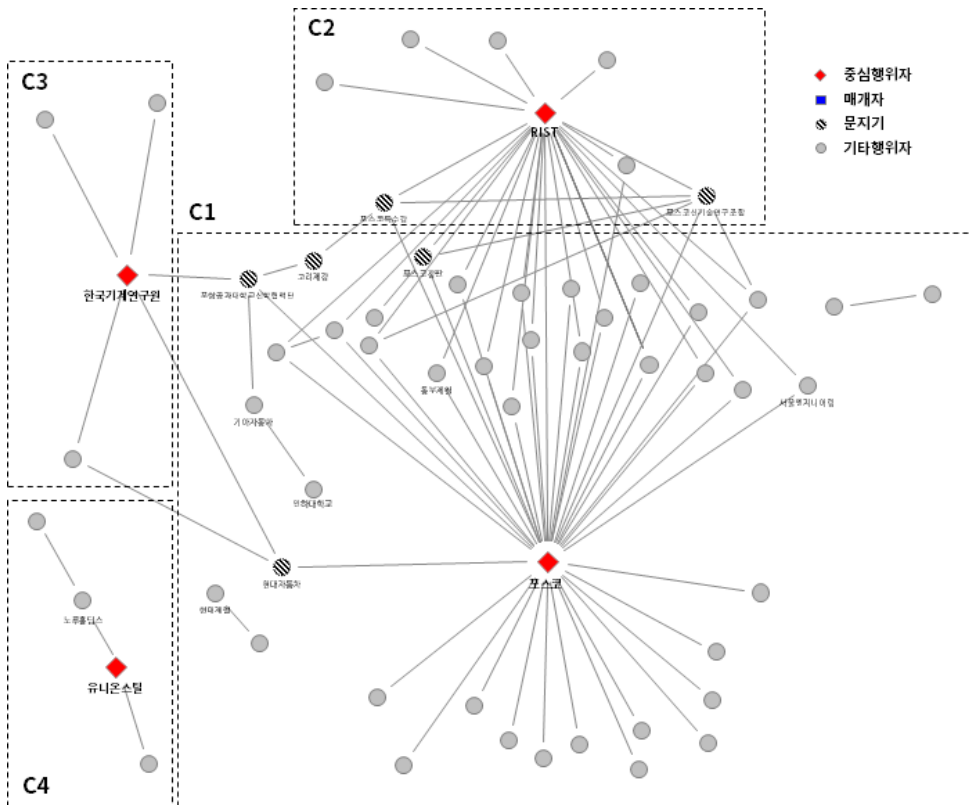


그림 2. 1988~2003년 네트워크의 k-medoid 클러스터링 결과

졌으며, 모듈화 지수가 0.52로 이전 시기에 비해 증가해 각 클러스터의 국지적 성격이 더욱 뚜렷해졌다. 1988~2003년 네트워크의 클러스터들이 유지(C2→CN2, C3→CN3)되거나, 기존 클러스터들이 결합(C1·C4→CN1)되었고, 새로운 클러스터가 생성(CN4, CN5, CN6)되기도 했다. 1988~2003년 네트워크와 마찬가지로 모든 핵심 행위자는 브로커 역할을 동시에 하고 있는 것으로 나타난 한편, 브로커 역할을 하는 행위자 수가 늘어나고, 중소기업, 대학교 등으로 다양화되었다.

이전 시기 지리적으로 경상북도의 중심성이 높았던 것과 달리, 수도권 및 충청권을 중심으로 하는 클러스터(CN3, CN4, CN5, CN6)가 증가해 기존 클러스터들과 연계되며 성장했다. 각 클러스터를 구성하는 행위자들은 상대적으로 상호 인접한 곳에 입지하고 있는 한편, 브로커 행위자들의 지리적 입지에는 뚜렷한 경향이 나타나지 않는다. 브로커 리지는 지리적 입지보다는 보유 기술의 수준이나 조직 형태, 기업 규모, 산업 내 지위 등 조직적 특성에 기인하는 것으로 보인다.

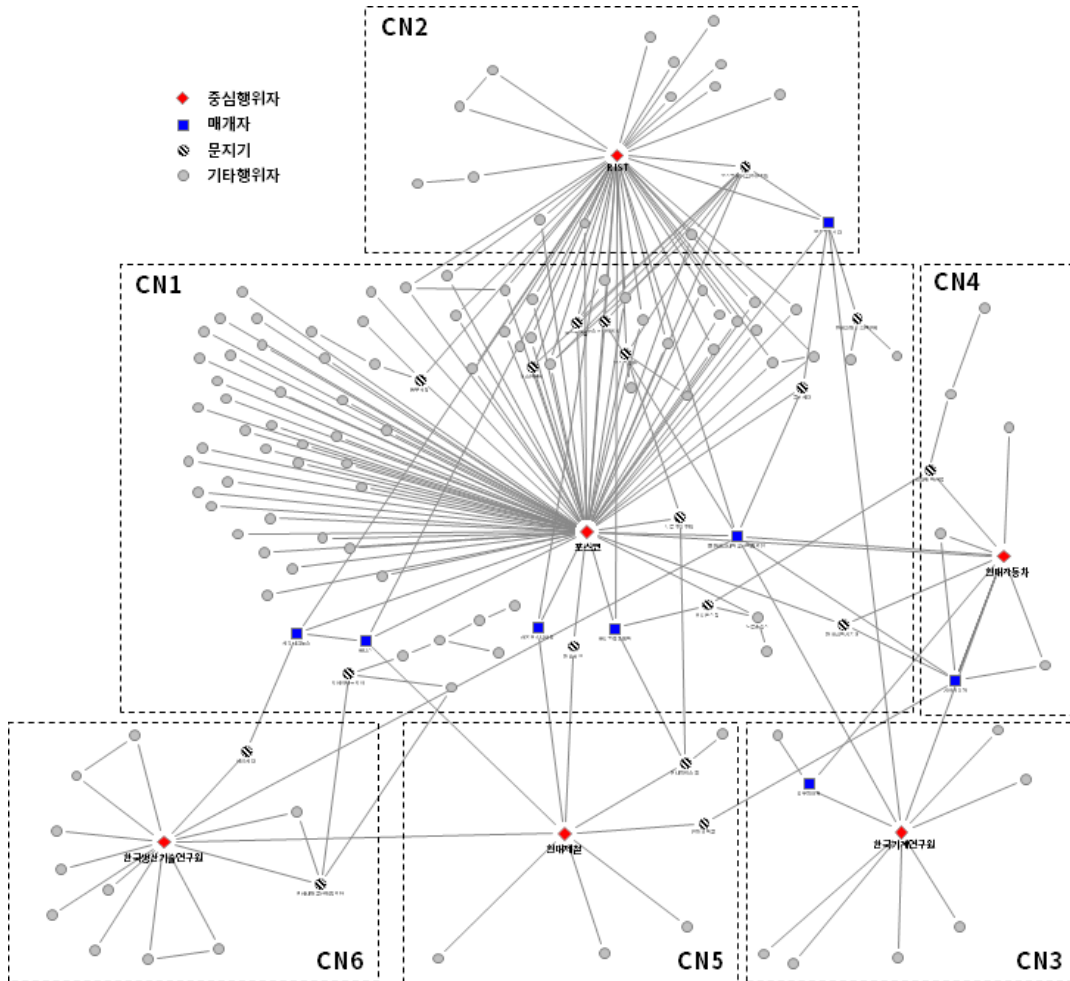


그림 3. 1988~2003년 네트워크의 k-medoid 클러스터링 결과

3) 네트워크 형성 과정

각 클러스터별 형성 과정의 특성을 살펴보면 표 3과 같다. 먼저 CN1은 C1과 C4가 결합되며 성장한 것으로, 포스코를 중심으로 기계 제조업 및 폐기물 처리업 등과 관련된 중소기업들이 클러스터를 구성하고 있다. 기존 생산 활동과 직접적으로 연관된 기계 및 장비 제조업뿐만 아니라, 환경에 대한 인식이 높아짐에 따라 폐기물 처리업체들과의 연계를 통한 기술지식 개발이 증가했으며, C4가 흡수되며 발전한 판재압연업 관련 행위자들이 증가했다. 전체 4개의 도금강판 제조업체 중 3개 기업(유니온스틸, 포스코강판, 동부제철)이 CN1에 속해 있으나, 이들 간의 직접적인 상호작용은 부재하며 노루코일코팅, 유니코정밀화학 등 도금과 관련된 화학제품 제조업체들의 브로커리지를 통해 간접적으로 연계되어 있다. 이는 판재압연그룹 내 경쟁 구도를 반영한 결과로 판단된다. 특히 유니코정밀화학의 경우, 중소기업으로서 경쟁관계인 유니온스틸과 현대하이스코 간 지식을 연계하여 네트워크 내에서 상대적으로 높은 지위를 차지하고 있다. 한편, 이전 시기에 활발했던 해외 기업과의 연계가 상대적으로 줄어든 반면, 중소기업과의 공동출원 활동이 활발해졌다. 특히 질적 측면에서 중소기업 중 브로커 역할을 하는 경우가 증가했다. 지리적 측면에서는 기존 포항 중심에서 수도권 및 광양으로 범위가 확장되었다. 그러나 이전 시기와 마찬가지로 클러스터 내 행위자들 간 상호 학습보다는 포스코에 대한 의존도가 매우 높은 양상을 보인다. 기술지식 네트워크 구축 방식에도 적용되며 나타난 것으로 보인다. 포스코는 클러스터의 핵심행위자이자, 나머지 클러스터와 네트워크 전체에서 중심적인 지위를 차지하고 있다. CN1-CN6, CN2-CN4, CN2-CN6 등 클러스터 간 중재에서의 포항공과대학교의 역할 등 계열사들의 활동까지 포괄적으로 고려한다면 여전히 전체 네트워크 내 영향력이 매우 크다고 볼 수 있

다. 지리적 측면에서, 행위자 대다수가 경북 및 전남에 입지한다.

CN2는 이전 시기의 C2가 발전된 RIST 중심의 클러스터이다. 이전 시기에 비해 기계 및 장비 제조업체들과의 연계가 활발해졌으며, 한편으로 포스코 계열사 공동 연구의 허브 역할을 하고 있다. 포스코신기술연구조합, 포스코특수강이 브로커 역할을 수행하고 있다. 행위자들의 지리적 중심은 경북 및 수도권이다.

CN3은 C3가 발전해 형성된 한국기계연구원 중심의 클러스터이다. 기술적으로 자동차 및 가전제품 관련된 특허를 다루고 있다. 한국기계연구원을 중심으로 다수의 중소기업들이 연계되어 있고, 자동차 관련 기업인 성우하이텍이 CN4와의 브로커 역할을 수행한다. 지리적으로는 수도권 및 충청권에 편중되어 있다.

CN4는 C1 내 포함되어 있던 현대자동차가 다양한 행위자들과 연계되며 클러스터이다. 자동차 및 가전제품과 관련된 특수강 제조 특허가 다수 출원되었다는 점을 미루어볼 때, CN4의 구조에는 주요산업으로의 확장과 기초과학 지식을 요구하는 특수강 개발 활동 증가 경향이 반영되어 있다고 판단할 수 있다. 현대자동차가 중심행위자로, 기아자동차가 주요 브로커 역할을 수행한다. 지리적 중심은 수도권 및 충청권이다.

CN5은 2003년 네트워크에서 현대제철과 삼표이앤씨만으로 이루어져있던 링크가 성장한 클러스터다. 현대제철의 일관제철업 진출 이후 성장한 것으로, 주로 고로 관련 특허가 출원되었다. 지리적으로 충청권과 수도권이 중심적이다. 클러스터 대부분 핵심행위자가 브로커 역할을 강하게 겸하고 있는 반면, CN5의 경우 현대제철 외 다른 행위자의 브로커 역할이 두드러진다. 현대제철은 계열사인 현대하이스코와의 연계가 강하며, 이외 연계는 대학 혹은 중소기업의 브로커리지를 통해 타 클러스터와 연계된다. CN3, CN4와의 연계는 인하대학교, CN1(포스코) 및 CN2(RIST)와의 연계

는 한빛테크, 제일테크노스, 서울엔지니어링, 유니슨 등 중소기업들의 브로커리지를 통해 이루어지고 있다. 특히 포스코 등 기존 지식과 브로커리지를 하는 중소기업들은 출원 특허 수가 많고, 현대제철 외에도 포스코, RIST, 세아제강 등 철강산업 내 주요 행위자들과 연계를 형성해 기술적 독자성을 보유한 기업으로 판단된다. 세 기업의 특징은 다음과 같다. 한빛테크는 2005년 설립된 도금 및 기타 금속가공업체로 경기도 시흥시에 자리하고 있다. 현재 뿌리기술 전문기업으로 지정되어 있으며, PET소재 전극형성 제조기술 개발사

업, NI-MN-B 합금도금기술 등 비철금속과 관련된 국가 기술 개발 프로젝트에 참여하고 있다. 주요 거래 업체는 포스코, 동부제강, 현대제철 등이다. 제일테크노스는 포항시에 입지한 금속가공제품 제조업체이다. 주로 건축 및 조선업에 납품하는 데크를 생산하며, 2007년 포항금속소재산업진흥원 내 R&D 센터를 설립하여 신소재 개발 및 표면처리 기술개발 사업을 추진하고 있다. 마지막으로 서울엔지니어링은 1974년 설립되었고, 제철소용 부품을 제조한다. 인천 남구에 입지하며 주요 공급처는 포스코건설, 포스코, 그리고 현대제

표 3. 철강산업 기술지식 네트워크 형성 과정과 핵심행위자 및 브로커행위자의 변화

1988~2003년 네트워크				1988~2013년 네트워크			
구분	행위자 수	핵심행위자	브로커행위자	구분	행위자 수	핵심행위자	브로커행위자
C1	43	포스코	포항공과대학교 포스코강판 고려제강 현대자동차	CN1	109	포스코	포항공과대학교 포스코아이씨티 포스코강판 포스코건설 에스엔엔씨 동부제철 고려제강 노루코일코팅 유니온스틸 코오통환경서비스 한국과학기술연구원 한국과학기술원 서울엔지니어링 한빛테크 유니코정밀화학 제일테크노스 유니슨 리싸이텍코리아
C4	8	유니온스틸					
C2	4	RIST	포스코신기술연구조합 포스코특수강	CN2	17	RIST	포스코신기술연구조합 포스코특수강
C3	4	한국기계연구원		CN3	9	한국기계연구원	성우하이텍
-				CN4	8	현대자동차	기아자동차 삼양화학산업
-				CN5	7	현대제철	현대하이스코 인하대학교
-				CN6	13	한국생산기술 연구원	세아제강 연세대학교

철이다. 국내 고로용 설비부품을 생산하는 업체는 사실상 서울엔지니어링이 유일하며, 고로 풍구 분야의 경우 1996년 국산화에 성공한 이후 현재 세계 시장 점유율 20%를 차지하고 있다. 이 세 기업은 과학기술정책연구원(2005)이 제안한 기술집약적 중핵기업¹⁰⁾의 개념에 일치하는 기업으로 현대제철의 기술지식 학습 및 창출에 기여한 것으로 판단된다. 현대제철은 일관제철소가 준공된 2009년을 전후로 기술지식 학습에 대한 필요성과 창출 능력이 크게 증가했다. 일관제철소 조업 및 공정 관련된 기술지식 학습과 혁신을 위해 해외 철강사와의 라이선싱 및 기술 협약, 숙련 노동자 영입, 계열사 통합 연구소 설립 등의 방식을 도입한 것으로 알려져 있다(현대제철, 2006). 그러나 본 분석에 따르면, 해외 기업이나 계열사와의 연계는 현대하이스코를 제외하면 상대적으로 미약한 반면, 중핵기업과의 연계가 상대적으로 두드러진다. 특히 중핵기업들은 과거 포스코와의 연계를 통해 기술지식을 학습 및 창출한 경험이 있다는 점에서, 포스코와 현대제철 간 기술지식을 브로커리징하는 역할을 했다고 판단된다.

마지막으로 CN6는 한국생산연구원을 중심으로 다수의 비-영리조직과 중소기업이 연결되어 있는 구조로, 주로 비철금속과 관련된 특허를 다량 출원하고 있다. 비철금속이 기존 철강 기술에 비해 기초과학 지식을 요하는 분야라는 점에서 비영리조직인 한국생산연구원의 중심적 역할이 두드러지며, 기업 외 대학, 연구원 등 다양한 행위자들의 연계를 통한 기술지식 창출이 이루어지고 있는 것으로 보인다. CN6는 자동차산업 관련 클러스터인 CN3, CN4와 함께, 철강산업 기술지식 활동이 인접 산업으로 범위가 확장되고 있음을 시사한다. 지리적으로는 수도권 입지 행위자들이 대다수이다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 한국 철강산업의 발전 과정을 기술적, 조직적, 지리적 측면에서 살펴보고, 그 과정에서의 기술지식 네트워크 특성과 형성 과정을 분석했다. 각 1988~2003년과 1988~2013년 네트워크에 대한 클러스터링 분석과, 주요 행위자 분석을 통해 네트워크의 형성 동학을 이해하고자 했다. 분석 결과 도출된 결과는 크게 세 가지이다.

첫째, 네트워크 내 행위자가 다양해진 동시에 동일 클러스터 내 내부성이 강화되었다. 한국 철강산업의 기술지식 네트워크는 포스코와 RIST, 두 행위자가 형성하는 거대한 클러스터를 중심으로 중심으로 다양한 기술적, 지리적 특성을 지닌 클러스터들이 연계되며 성장했다. 각 클러스터는 대기업 혹은 연구원이 중심행위자로 특정 지리적, 산업적 특성을 공유하는 행위자들과 연결되어 있는 허브앤스포크 구조를 띠고 있다. 점차 중소기업, 연구원, 대학 등 다양한 행위자와의 연계가 증가하는 양상이 관찰되었는데, 이는 기술적 다양화로 인해 이질적 기술지식과의 연계 필요성이 증가한 것과 제도적 차원의 인센티브에서 기인한 현상이라고 판단된다.

둘째, 동일 부문에 종사하는 기업들 간 연계가 미미한 반면¹¹⁾ 동일 기업집단에 소속된 기업들 간의 연계가 뚜렷하게 나타난다. 일관제철그룹에 속한 포스코와 현대제철은 직접적인 연계가 부재하며 중소기업의 브로커리징으로 간접적으로 연계되어 있다. 이와 유사하게 냉연판재그룹에 소속된 유니온스틸, 현대하이스코, 포스코강판, 동부제철의 경우, 직접 연계 없이 판재 도금 기술과 관련된 여타 기업들의 브로커리징으로 간접적으로 연계되어 있다. 이와 대조적으로 동일 기업집단에 소속된 조직들 간의 공동출원 활동은 매우 활발하다. 이는 시장 내 위계, 경쟁 관계, 협력 관계가 기술지식 네트워크 형성에 영향을 미침을 시사한다.

셋째, 네트워크의 형성 과정에 있어서 브로커 행위자의 역할이 중요한 것으로 나타났다. 타 클러스터와의 주요한 브로커리지 역할 대부분 대기업이거나 비영리 연구기관인 핵심행위자가 수행하고 있는 것으로 나타났다. 이는 Giuliani(2011), Ter Wal(2013) 등이 거대선도기업과, Kauffeld-Monz and Fritsch(2013)가 로컬 내 파이프라인으로서 비-영리조직의 역할을 규명한 연구와 유사한 결과이다. 한편 현대제철-포스코, 현대제철-RIST 클러스터 간 브로커리지나, 판재압연업 경쟁 관계 기업들 간 브로커리지 등에서 중핵기업의 역할이 관찰되었다. 특히, 현대제철이 2004년 이후 일관제철업에 진출함에 따라 새로운 기술지식을 습득하는 방식으로 알려진 방법이나, 기존 철강산업 기술 이전 연구(Lazaric *et al.*, 2003; Ribeiro, 2007)에서 밝힌 요인 외에, 본 연구를 통해 중핵기업의 브로커리지가 또 다른 요인인 것을 보였다. 브로커행위자들의 지리적 입지에는 뚜렷한 경향이 나타나지 않으며, 브로커리지는 지리적 입지보다는 보유 기술의 수준이나 조직적 특성에 기인하는 것으로 보인다. 브로커행위자들의 고유의 입지 경향성을 보이는 클러스터들을 연계함으로써 전체적인 네트워크가 성장한 것으로 판단된다.

본 연구는 향후 철강산업을 포함한 성숙산업에 대한 기술 혁신 연구의 기초 연구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 대기업 중심의 수직적 산업 환경에서 기술 혁신을 추동하기 위한 정책적 보완점 등에 대한 시사점을 도출할 수 있을 것이다. 기술지식 네트워크 형성 동인 분석에 있어서 기술적, 조직적, 지리적 요인이 엄밀하게 구분되지 못했다는 점과 브로커리지의 지리적 특성에 대한 질적 연구가 미진한 점 등의 한계는 후속 연구를 통해 보완되어야 할 것이다.

사사

본 연구를 수행함에 있어 교육부와 한국연구재단의 BK21플러스 사업(4-Zero지향 국토공간창조 사업단, 서울대학교 지리학과)의 지원이 있었음

주

- 1) 한국개발연구원(2010)은 시장의 경쟁도를 파악하고자 표준산업분류를 기준으로 연구를 수행했다. 시장의 경쟁도는 시장구조, 진입장벽, 공급자와 수요자간의 교섭력 차이, 정보 비대칭성 정도 등 여러 가지 요인의 영향을 받는다. 이 중 시장구조는 경쟁도를 정량적으로 측정하는데 중요한 지표로 여겨지며, 이 중 HHI(Herfindahl Index; 허쉬만-허핀달지수)는 특정 시장에 참여하고 있는 모든 기업의 시장점유율의 제곱치를 합한 것으로 정의된다. 각 기업의 시장점유율을 가중하기 때문에, 상위기업이 하위기업에 비해 더 큰 가중치를 갖게 되며, 이를 통해 시장구조를 정확히 계측할 수 있는 지수로 여겨진다. 동태적 분석을 부적합하지만 시장구조를 파악하는 데 있어 보조적인 기준으로 활용 가능하다.
- 2) 한래희(1999)는 미국의 철강보호무역주의 움직임과 한미 통상 마찰로 인해 국내 제도적 조치가 이루어지는 과정을 다루고 있다. 미 하원에서 제출된 법안과 관련된 USTR의 보고서는 한보철강에 대한 보조금 지원 철폐 및 매각 요구, 포스코 내 수가격 통제 여부 쟁점화 및 민영화 요구를 담고 있다.
- 3) 아산만권 광역개발계획은 수도권 기능 분산, 서해안 개발의 교두보, 환황해 경제권 진출을 목적으로 하며, 아산항 개발, 산업단지 조성, 고속도로 건설 등의 내용을 담고 있다(국토부, 1992). 특히 산업단지 조성의 경우 한보철강단지의 내용을 포함한다.
- 4) 김천옥(2014)은 정치경제적 상황 내에서 한보그룹의 아산만 개발 과정과 경영 전략을 논의했으며, 이종인(2012)은 한보철강이 현대제철로 매각되는 과정과 당진 내의 대응 등을 다루었다.
- 5) 1997년 1월 한보철강 부도 이후 당진 제철소의 매각은 지지부진하게 이루어졌다. 1999년부터 2004년에 걸친 두 번의 매각 시도가 모두 결렬되었고, 2004년 10월에 이르러서야 현대제철-하이스코 컨소시엄에 매각되었다. 현대차그룹의 제철업 진출은 자동차 강판 조달을 위한 수직계열화에 대한 그룹 차원의 염원에 기인한다.
- 6) IPC는 효과적으로 검색하고 활용하기 위해 세계지적재산권

기구가 1968년 고안한 특허분류체계다. IPC는 전체 기술 분야를 A부터 H까지의 8개 섹션으로 나누며, 각 섹션은 클래스, 서브클래스, 메인그룹, 서브그룹으로 계층적으로 구분한다. 한 건의 특허에는 특허의 성격에 따라 1개 이상의 IPC가 할당된다.

- 7) 상위 20개 IPC의 상세 내용은 다음과 같다. C21D: 철계금속의 물리적구조의 개량. 철계 또는 비철계금속 또는 합금의 열처리를 위한 일반적 장치. 탈탄, 소려 또는 타 처리에 의한 금속의 가단화; C22C: 합금; C21C: 선철의 처리, 예. 정제, 연철 또는 강의 제조. 철계 합금의 용융상태에서의 처리; C21B: 철 또는 강의 제조; C22B: 금속의 제조 또는 정제. 원료의 예비처리; B21B: 금속의 압연; C23C: 금속재료의 피복. 금속 피복재료. 표면 확산, 화학적 전환 또는 치환에 의한 금속재료의 표면처리. 진공증착, 스퍼터링, 이온주입 또는 화학증착에 의한 피복, 일반; F27B: 노, 킬른, 가마, 레토르트일반. 개방식 소결용 또는 유사한 장치; B22D: 금속의 주조. 동일방법과 장치에 의한 타물질의 주조. 플라스틱 또는 가소성 상태의 물질의 성형. 야금방법. 금속에의 첨가제의 선정; C25D: 전기분해 또는 전기영동에 의한 피복방법. 전구. 전해에 의한 제품의 접합. 그것을 위한 장치; B21D: 본질적으로는 재료의 제거 없이 금속판, 금속관, 금속봉 또는 금속외형(Profiles)의 가공 또는 공정; F27D: 노의 1종류 이상에서 볼 수 있는 것에 있어서의 노, 킬른, 오븐 또는 레토르트의 세부 또는 부속품; B21C: 압연 이외의 방법에 의한 금속판, 선, 봉, 관, 프로파일의 제조 또는 기타 반제품. 본질적으로 재료를 제거하지 아니하는 금속가공과 관련해서 사용하는 보조조작; B23K: 납땜. 또는 비납땜. 용접. 납땜 또는 용접에 의하여 클래딩(cladding) 또는 피복. 국부 가열에 의한 절단, 예. 화염 절단. 레이저 빔에 의한 가공; C22F: 비철금속 또는 비철합금의 물리적 구조의 변화; G01N: 재료의 화학적 또는 물리적 성질의 검출에 의한 재료의 조사 또는 분석; C09D: 피복 조성물, 예. 페인트, 바니시, 락카. 퍼티. 화학도료 또는 잉크 제거제. 잉크. 수정액. 목재용착색제. 그 물질의 사용. 페이스트 또는 고형의 착색료 또는 날염료; G01B: 길이, 두께 또는 유사한 직선치의 측정; 각도의 측정. 면적의 측정. 표면 또는 윤곽의 불규칙성 측정; H01F: 자석. 인덕턴스. 변성기. 자기특성에 의한 재료의 선택.
- 8) 멱함수의 법칙은 네트워크 과학을 연구하는 산타페 연구소에서 사회 및 자연에 존재하는 모든 네트워크에 공통적인 구조가 존재함을 밝히면서 알려진 대표적인 네트워크의 특성이다. 대다수의 네트워크에서 링크의 분포는 불균등하게 나타나는데, 소수의 노드가 다수의 링크를 점유하면서 네트워크를 지배하고 그 수열이 멱함수(power Law)의 법칙을 따른다는 것이다(Barabasi, 2002; 김용학, 2010에서 재인용).

- 9) 모뮬화 지수는 클러스터 내 링크 수를 형성될 수 있는 모든 링크 수로 나눈 값으로, 클러스터링의 성공 정도를 나타내는 지표이다. 0과 1 사이의 값이 도출되며 일반적으로 0.3 이상인 경우 유의미한 분할이라고 판단할 수 있다.
- 10) 과학기술정책연구원(2005)은 부품소재산업의 기술혁신역량 제고 방안 도출에 관한 연구에서 중핵기업의 역할과 그 중요성을 강조하고 있다. 중핵기업을 재벌 계열사가 아니면서 연구개발 집약도가 높으며 적극적으로 기술 혁신에 대한 투자를 하는 기업으로 정의하고, 특징을 정리했다. 철강 및 비철 등 소재산업 내에는 타 산업에 비해 중핵기업이 적으며, 향후 육성 및 지원의 필요성을 강조했다.
- 11) 대기업 간 공동연구 활동에 대한 공식적 자료를 살펴보면, 1990년 한국철강기술연구소가 설립되어 현재까지 총 17개 대형과제와 2000억 원 이상의 투자비용을 지원받은 바 있다. 그러나 출원된 특허 자료 내 발명자 특성을 살펴본 결과 대부분이 포스코 연구원인 것으로 나타나, 실제적인 공동출원 활동의 증거를 찾기 어려웠다. 이러한 산업기술연구조합은 1982년 국가연구개발사업의 컨소시엄으로 출현한 것으로 공동연구를 장려하는 역할보다는 대형 연구개발 프로젝트의 수행 및 관리에 그 초점이 맞추어져 있는 것으로 보인다(이도형, 2012).

참고문헌

- 과학기술정책연구원, 1999, “철강산업의 기술혁신패턴과 전개방향”, 정책연구 1999-27, pp.20-48.
- 과학기술정책연구원, 2005, “부품·소재산업의 기술혁신역량 제고: 중핵기업을 중심으로”, 정책연구 2005-10, pp.163-169.
- 구양미, 2008, “한국 고령친화산업의 행위주체 네트워크 연구: 형성과정과 구조적·공간적 특성”, 서울대학교 지리학과 박사학위논문.
- 국토부, 1992, 아산만권 광역개발계획(안).
- 김상근, 2007, “포항철강산업 네트워크의 특성과 영향구조에 관한 연구”, 영남대학교 박사학위논문.
- 김용학, 2010, 사회 연결망 이론, 서울: 박영사, pp.17.
- 김천옥, 2014, “한국기계공업사-42”, 기계저널 10(5), pp.46-56.
- 김형주, 이정협, 손동원 2008, “정부의 R&D 정책과 연구개발 네트워크의 구조 및 공간적 특성: 한국의 국

- 가연구개발사업 사례를 중심으로”, 한국경제지리학회지 11(3), pp.319-333.
- 김효미, 2005, “철강산업에 있어서 기술이전의 공간특성: 포항철강산업단지를 사례로”, 경북대학교 석사학위논문.
- 모세준, 2013, “자동차 경량소재 개발 동향 및 완성차업체 대응”, 자동차경제, pp.41-52.
- 박희진, 2006, “철강산업의 공간연계와 혁신환경: 포항철강 산업단지 입주업체를 사례로”, 경희대학교 석사학위논문.
- 송성수, 2002, “한국 철강산업의 기술능력 발전과정 - 1960~1990년대의 포항제철”, 서울대학교 과학사 및 과학철학 협동과정 박사학위논문.
- 유성중, 2000, “광양제철소의 입지와 지역경제의 변화”, 한국경제지리학회 3(2), pp.63-80.
- 이경철, 2014, “철강 산업과 특허”, 재료마당 27(3), pp.39-43.
- 이도형, 2012, “기술혁신 및 사업화를 위한 파트너십 모델 활성화 방안 모색: 산업기술연구조합의 운영 모델과 관련하여”, 한국과학기술기획평가원.
- 이정록, 2004, “광양제철소의 입지와 지역의 인구변화: 1980~2011”, 한국경제지리학회 7(1), pp.83-96.
- 이종인, 2012, “지역사회 정책 결정과정에 있어서 이해당사자의 영향력에 관한 연구 송산지방산업단지 조성사업 결정을 중심으로”, 국민대학교 박사학위논문.
- 정준호, 2016, “발명자 네트워크의 공간적 결정요인 분석”, 한국경제지리학회지 19(1), pp.1-17.
- 최해욱, 2015, “중국 외국인산업의 특허기반 기술창출 네트워크 형성과정 분석: 산동지역의 정부지원 정책을 중심으로”, 한국경제지리학회지 18(1), pp.103-114.
- 최희운, 2002, “포항철강공단이 지역발전에 미치는 영향”, 대구대학교 석사학위논문.
- 탁승문, 2006, “철강산업에서의 전략적 기술제휴의 진화와 특징”, POSRI 경연연구 6(1), pp.5-43.
- 특허청, 2009, “국제특허분류”.
- 한겨레21, 2008, “철강 클러스터, 당진은 뜨겁다”, 제695호(2008.01.24.).
- 한국개발연구원, 2010, “시장구조조사”, 공정거래위원회.
- 한래희, 1999, “한국 철강산업의 통상 현안과 쟁점”, 법무처 26, pp.142-161.
- 현대제철, 2006, “TKS 기술협력 계약 관련 참고자료”.
- Albino, V., Garavelli, C., Schiuma, G., 1999, “Knowledge transfer and inter-firm relationships in industrial districts: the role of the leader firm”, *Technovation* 19, pp.53-63.
- Breschi, S., Lissoni, F., 2009, “Mobility of skilled workers and co-invention networks: an anatomy of localized knowledge flows”, *Journal of Economic Geography* 9, pp.439-468.
- Broekel, T., 2012, “The co-evolution of proximities - a network level study”, *Papers in Evolutionary Economic Geography* 12.17.
- Broekel, T., Boschma, R., 2012, “Knowledge networks in the Dutch aviation industry - the proximity paradox”, *Journal of Economic Geography* 12(2), pp.409-433.
- Burt, R. S., 2002, The social capital of structural holes, Guillen, M. F. et al.(eds.), *The New Economic Sociology*, New York: Russell Sage Foundation, pp.148-192.
- Collinson, S., 1999, “Knowledge management capabilities for steel makers: A british-Japanese Corporate Alliance for organizational learning”, *Technology Analysis and Strategic Management* 11(3), pp.337-358.
- Gay, B., Dousset, B., 2005, “Innovation and network structural dynamics: Study of the alliance network of a major sector of the biotechnology industry”, *Research Policy* 34, pp.1457-1475.
- Giuliani, E., 2011, “Role of technological gatekeepers in the growth of industrial clusters: evidence from Chile”, *Regional Studies* 45(10), pp.1329-1348.
- Giuliani, E., Rabellotti, R., Pietrobelli, C., 2005, “Upgrading in global value chains: lessons from Latin American clusters”, *World Development* 33(4), pp.549-573.
- Glückler, J., 2007, “Economic geography and the evolution of networks”, *Journal of Economic Geography* 7,

- pp.619-634.
- Gould, R. V., Fernandez, R. M., 1989, "Structures of mediation: a formal approach to brokerage in transaction networks", *Sociological Methodology* 19, pp.89-126.
- Graf, H., 2011, "Gatekeepers in regional networks of innovators", *Cambridge Journal of Economics* 35(1), pp.173-198.
- Hervas-Oliver, J-L., 2012, "Are technological gatekeepers constraining my cluster? Unfolding the paradox of gatekeepers resilience across cluster life cycle stages", *Papers in Evolutionary Economic Geography* 12.06.
- Ho, M. H. C., Liu, J., 2011, "Knowledge Brokerages across Borders – The Diffusion of Data Envelopment Analysis Methodology", *DIME Final Conference*, April, 2011.
- Hoekman, J., Frenken, K., van Oort, F., 2009, "The geography of collaborative knowledge production in Europe", *Annals of Regional Science* 43, pp.721-738.
- Kauffeld-Monz, M., Fritsch, M., 2013, "Who are the knowledge brokers in regional systems of innovation? a multi-actor network analysis", *Regional Studies* 47(5), pp.669-685.
- Koka, B. R., Prescott, J. E., 2008, "Designing alliance networks: The influence of network position, environmental change, and strategy on firm performance", *Strategic Management Journal* 29, pp.639-661.
- Lazaric, N., Mangolte, P-A., Massue, M-L., 2003, "Articulation and codification of collective know-how in the steel industry: evidence from blast furnace control in France", *Research Policy* 32, pp.1829-1847.
- Misa, T. J., 1995, *A Nation of Steel: The making of modern America, 1865-1925*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Ribeiro, R., 2007, "The role of interactional expertise in interpreting: the case of technology transfer in the steel industry", *Studies in History and Philosophy of Science* 38, pp.713-721.
- Stroud, D., Fairbrother, P., 2006, "Workplace learning: dilemmas for the European steel industry", *Journal of Education and Work* 19(5), pp.455-480.
- Ter Wal, A. L. J., 2013, "Cluster Emergence and Network Evolution: A Longitudinal Analysis of the Inventor Network in Sophia-Antipolis", *Regional Studies* 47(5), pp.651-668.
- Xhang, X., Zhu, J., Wang, Q., Zhao, H., 2013, "Identifying influential nodes in complex networks with community structure", *Knowledge-Based System* 42, pp.74-84.
- 교신:박소현, 08826 서울특별시 관악구 관악로1 서울대학교 220동 502호, 전화: 02-880-6322, 이메일: wherewindstay@snu.ac.kr
- Correspondence: Sohyun Park, 220-502 Seoul National University, [08826] 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul-si, ROK, Tel: 82-2-880-6322, E-mail: wherewindstay@snu.ac.kr

최초투고일 2016년 7월 15일
수정일 2016년 7월 27일
최종접수일 2016년 7월 28일