

거대연구장비 기반 혁신클러스터 건설의 가능성과 한계: 국제과학비즈니스벨트 조성 및 발전을 위한 시사점

지일용, 김병근*
한국기술교육대학교 기술혁신경영연구소

The Opportunities and Limitations of Building an Innovation Cluster Based on Large Scale Research Facilities: Implications for Developing and Advancing the Korean International Science-Business Belt

Ilyong Ji, Byung-Keun Kim*

Center for Technology and Innovation Management, KOREATECH

요약 본 연구는 거대연구장비(LSRF) 기반 혁신클러스터 조성의 가능성과 한계점을 확인하고, 국제과학비즈니스벨트에 대한 시사점을 제공하고자 하였다. 우선 기존 문헌을 분석하여 혁신클러스터의 성공요인을 도출하였으며, 이들을 지식 및 기술, 거래비용 및 집적경제 등의 주요소, 소프트웨어·하드웨어적 인프라와 정부정책 및 전략 등 보조요소로 구분하였다. 그리고 이를 분석의 틀로 활용하여 CERN과 SPring-8등의 LSRF에 대한 사례연구를 수행하였다. 연구결과, 우선 지식 및 기술 측면에서 CERN과 SPring-8 공히 다양한 혁신 과정이 존재하여 혁신클러스터화에 유리한 점이 존재하였다. 지식과 기술이 LSRF를 활용한 연구로부터는 물론, 해당 설비의 건설, 운영, 관리 과정에서도 개발되고 파급되었다. 그러나 SPring-8의 경우 장비의 특성으로 인해, 거래비용 및 집적경제 측면에서 기업들에게 불리한 곳에 위치하는 문제점이 있었다. 또한 SPring-8은 경우 소프트웨어·하드웨어적 인프라의 미흡으로 인한 한계도 존재하였다. 정부 정책 및 전략과 관련하여, CERN은 다국적 기관이라는 특성상 정책적으로 특정지역의 클러스터화를 추진하지 않았으며, SPring-8은 다른 요소의 불리함에도 불구하고 정부의 지원에 따라 어느 정도나마 클러스터 구축이 촉진될 수 있었다. 종합하면, LSRF는 기술 및 지식 차원에서 다양한 기회 제공이 가능하였으나, 장비의 특성상 거래비용 및 집적경제 측면의 불리함이 존재하였다. 소프트웨어·하드웨어적 인프라와 정부 정책 및 전략은 주요인의 장점과 단점을 보완하는 요소로 작용하였다. 이러한 결과를 반영하여 본 연구는 과학벨트를 위한 시사점으로 전주기 관점에서의 참여자 그룹 발굴, 산업 인프라 및 정주환경 관점에서의 인센티브, 인근지역의 산업적 특징을 고려한 입주유치 전략 마련, 지식 인센티브 강화 전략 등을 제시한다.

Abstract This paper examined opportunities and limitations of building an innovation cluster based on large scale research facilities (LSRF). For this purpose, success factors of innovation clusters were drawn from the literature, and categorized into knowledge & technology, transaction cost & agglomeration economies, hardware & software infrastructure, and government policy & strategy. Utilizing the categorization as an analytic framework, case studies of CERN and SPring-8 were performed. The results showed that there were various innovation processes for both cases, creating opportunities for developing innovation clusters in terms of knowledge and technology. On the other hand, in the case of SPring-8, there were disadvantages in the transaction cost and agglomeration economies, being located in a remote area due to the nature of the facility. Software & hardware infrastructure of SPring-8 limited its potential for innovation clusters. Regarding government policy and strategy, CERN, as a multinational institution, did not consider an innovation cluster in a specific region despite some advantages. An innovation cluster around SPring-8 was promoted by government policy despite some disadvantages. In other words, the advantages and disadvantages were enhanced or complemented by software & hardware infrastructure and government policy & strategy. Based on the results, this paper provides the implications for the Korean International Science-Business Belt.

Keywords : Academia-Industrial cooperation, CERN, Innovation Cluster, International Science-Business Belt, LSRF, SPring-8

이 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 “국제 과학 비즈니스벨트 입주기업(기관) 재정적 지원방안 연구” 용역과제와, 2014년 정부(교육부) 재원에 의한 한국연구재단 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014S1A5B8061859).

*Corresponding Author : Byung-Keun Kim(KOREATECH.)

Tel: +82-41-521-8061 email: b.kim@koreatech.ac.kr

Received May 2, 2016

Revised (1st June 7, 2016, 2nd June 17, 2016)

Accepted July 7, 2016

Published July 31, 2016

1. 서론

현재 국내에서는 국제과학비즈니스벨트(이하 과학벨트) 건설을 위한 논의가 진행 중에 있다. 기초과학연구원의 중이온가속기를 건설하고, 이를 중심으로 산업단지를 조성하여 과학과 비즈니스가 융합된 혁신클러스터로 발전시키겠다는 것이다. 그러나 가속기와 같이 거대과학에 사용되는 연구장비를 중심으로 혁신클러스터를 구축한 사례를 찾아보기 어렵고, 문헌 및 이론 수준에서의 시사점을 구하기도 쉽지 않은 상황이다. 이에 본 연구에서는 거대연구장비를 중심으로 한 혁신클러스터 개발의 가능성을 검토해 보고, 정책적 시사점을 도출해 보고자 한다.

이를 위해 우선 문헌연구를 통해 혁신클러스터의 개념을 확인하고 성공요인을 도출하였다. 그리고 이들 성공요인을 분석의 틀로 활용하여, 유럽입자물리연구소(CERN)와 일본 SPring-8에 대한 탐색적 사례연구를 수행하였다. 사례연구를 위해서는 문헌조사와 심층면담을 병행하였는데, 각 연구소의 홈페이지, 관련 학술논문 및 전문정보를 통해 기초자료를 확보하였으며, CERN과 SPring-8을 방문하여 심층 인터뷰를 실시하였다. 마지막으로 사례연구 결과로부터 과학벨트의 혁신클러스터화를 위한 시사점을 도출하고자 하였다.

2. 문헌연구 및 분석의 틀

2.1 혁신클러스터의 개념

2000년대 이후 혁신클러스터(innovation cluster)에 대한 관심이 증대되고 있으며 관련 연구도 지속적으로 증가하는 추세이다. 그러나 혁신클러스터의 개념을 명확히 제시하는 문헌은 많지 않으며, 단순히 자명한(self-evident)한 개념으로 받아들이거나 혹은 일반적인 산업클러스터 중 혁신을 많이 창출하는 경우 정도로 이해됨으로써 별도의 개념 설명 없이 사용되는 경우가 많다[1].

이런 가운데 일부 문헌들은 “혁신과 관련된 주체들(기업, 대학, 공공연구기관 등)이 어떤 특정 지역에 집중적으로 모여 있고, 이들을 중심으로 혁신활동이 일어나며, 타 지역에 비해 혁신 경쟁력 차원에서 우위를 가짐으로써 부가가치 창출 능력이 뛰어난 지역[2, 3]”으로 혁신클러스터를 정의하기도 하였다. 또한 일부 문헌은 이와

유사하게 “부가가치를 창출하는 가치사슬에 연계된 기업 및 지식창출의 주체라 할 수 있는 대학과 연구기관, 지원기관 및 중개기관 등의 혁신주체가 지리적으로 집중되고, 이러한 집적성을 기반으로 네트워크가 구축되어, 상호협력과 공동학습을 통한 혁신활동이 활발하게 일어나서 시너지 효과를 창출하는 것[4]”으로 정의하기도 하였다.

이상과 같이 혁신클러스터의 의미에 대해서는 다양한 의견이 제시되고 있으나, 많은 문헌들은 공통적으로 집적과 혁신에 초점을 두고, 일반적인 산업클러스터나 혁신체제와의 차별성을 시도하고 있다. 이 가운데 OECD는, 혁신클러스터란 축약된 혁신체제로 이해될 수 있는 하나의 산업클러스터로서 시스템의 핵심 요소들 중 특히 혁신의 발전을 촉진하는 조치와 정책으로서의 시스템에 초점을 두는 접근방법이라고 설명하고 있다[5, 6].

혁신클러스터의 개념을 조금 더 명확히 하기 위해 산업클러스터와 혁신체제의 의미를 살펴보면 다음과 같다. 우선 산업클러스터는 마샬의 산업지구 개념에서 출발하여 Porter[7]에 의해 발전되고 광범위하게 사용되기 시작한 것으로, 특정 분야의 기업, 전문 공급업체, 서비스 공급자, 기관이 지리적으로 집중되어 있는 상태를 의미한다. 이러한 클러스터에 입지하는 기업들은 낮은 거래비용, 높은 국지적 수요, 전문 정보의 축적 등 다양한 집적경제의 혜택을 볼 수 있다[8]. 반면 혁신체제는 국가혁신체제[9, 10]에서 시작하여 지역혁신체제[11] 및 산업혁신체제[12] 등의 개념으로 발전한 것으로서, 어떤 특정 경계(boundary)내에 갖추어진 혁신을 위한 제도적 기반 및 네트워크를 의미하며, 상호작용을 통한 학습이라는 개념을 그 이론적 기반으로 하고 있다.

이상 살펴본 것과 같이 산업클러스터는 특정 지역에 대한 집적이 경쟁우위를 가져다준다고 보는 접근법인 반면, 혁신체제는 주체 간 상호작용과 학습이 혁신의 원천이며 이를 위한 시스템이 중요하다고 보는 접근법이다. 따라서 혁신클러스터는 이들 두 개념이 융합된 것으로서, 혁신을 위해 시스템화된 집적이며, 집적경제는 물론 상호작용을 통한 학습까지 고려한다고 볼 수 있다. 이러한 산업클러스터, 혁신체제, 혁신클러스터 간 개념 비교는 아래의 Table 1에 정리되어 있다.

Table 1. Comparison of Industrial Cluster, Innovation System, and Innovation Cluster

Concept	Description
Industrial Cluster	<ul style="list-style-type: none"> · An agglomeration of firms and organizations in a specific area or place · Focus on agglomeration economies (lowering transaction cost, high local demand, concentration of skills and information)
Innovation System	<ul style="list-style-type: none"> · The institutional set-up for the generation and use of innovation · Focus on learning-by-interacting
Innovation Cluster	<ul style="list-style-type: none"> · A systemized agglomeration of firms and organizations for the generation and use of innovation · Focus on learning-by-interacting as well as agglomeration economies

Source: Authors' summary from [5, 6, 7, and 10]

2.2 혁신클러스터의 일반적 성공요인

클러스터의 일반적 성공요인을 제시하는 것으로는 Porter[13]의 다이아몬드 모델이 가장 광범위하게 활용되고 있으며, 기타 많은 문헌들이 일반적 성공요인에 대해 연구해 왔다. 이외에 일부 문헌들은 특히 혁신클러스터에 초점을 두고 혁신클러스터의 조성, 발전, 육성 등을 위한 핵심 요인들이 무엇인지 도출하고자 하였다.

Mallet[16]는 지식과 기술 노하우에 대한 접근성, 고급인력, 비전제시형 기업가정신, 벤처캐피탈, 네트워크 및 연계 등을 성공요인으로 요약하였다. Gagne et al.[17]은 문헌연구를 통해 기술중심 혁신클러스터의 성장에 영향을 주는 12가지 요소를 도출하였으며, 이를 투자자본, 인적자본, 물적자본, 사회적 자본 등 4종류로 분류하였다. 이상의 문헌들은 지식 및 기술, 그리고 인프라 등에 관련된 요소에 주로 초점을 두고 있다.

이외에 Arthurs et al.[14]는 혁신클러스터 지표를 크게 현황 지표(current conditions)와 성과 지표(current performance)로 구분하였는데, 이 가운데 클러스터 성공요인으로 볼 수 있는 것은 주로 현황지표에 해당한다. 현황지표는 크게 지원기관(supporting organizations), 클러스터 요소(cluster factors), 경쟁환경(competitive environment) 등 세 가지로 구성된다. Preissl[15] 역시 다양한 요소를 제시하는데, 지식과급, 거래비용, 공유인프라 등 집적(agglomeration)요인; 규모의 경제, 네트워크 외부성, 전문화 등 활동의 수준(level of activity); 암묵적 지식, 신뢰, 경쟁과 협력 등 상호작용(interaction)요인 등이 이에 해당한다. 이상의 문헌들은 인프라, 공공의 지원, 지식 및 기술 등 혁신 관련 요소는 물론, 일반적

인 기업 활동과 관련된 거래비용이나 경제성 등도 중요요소로 제시하고 있다.

국내의 혁신클러스터 문헌들 역시 이상의 해외 문헌들과 비슷하게, 지식, 인프라, 자본, 문화 등에 관련 요소에 주로 초점을 두고 있으며[2, 3], 추가적으로 정부 정책도 공통적으로 강조하고 있다. 홍성범 외[18]는 혁신의 거점, 인적자원, 해외 선진기술, 입지조건, 금융지원, 산학연 균형 및 교류 네트워크, 정부지원 등이 중요하다고 하였다. 임종빈 외[19]는 문화 및 환경, 인프라 등 외에 과학기술 거버넌스 구축이 중요하다고 하였으며, 정영철 외[4]는 물리적, 사회적 요인과 함께 제도적 요인도 중요하다고 지적하였다.

이상의 문헌들에서 제시하는 혁신클러스터의 성공요인들을 재정리하면 크게 “지식 및 기술”, “거래비용 및 집적경제”, “하드웨어·소프트웨어적 인프라”, “정책 및 전략” 등 4가지로 재정리할 수 있다. 첫 번째로, “지식 및 기술”은 지식과 기술 자체는 물론, 관련 인적자원, 학습활동 등을 포함하는 것이다. 이는 혁신체제의 기본 구성요소이며[20], 클러스터 및 지역산업 경쟁력 및 지역의 경쟁우위를 좌우하는 요소로서[21], 혁신클러스터의 성공을 위한 핵심요소에 해당한다. 두 번째로, “거래비용 및 집적경제” 관련 요소는 혁신클러스터 이전부터 일반 클러스터 문헌들에서부터 언급되어 오던 것으로, 거래비용, 수익체증 효과, 외부경제 효과 등과 같은 집적메커니즘을 포함한다[22, 23]. 세 번째, “하드웨어적·소프트웨어적 인프라”는 “지식 및 기술”과 “거래비용 및 집적경제”가 클러스터의 성과로 나타나도록 하는 각종 기반에 해당한다. 이는 교통, 주거환경 등 유형 인프라는 물론, 혁신 행위자들 간 소통과 상호작용을 위한 각종 제도, 문화, 분위기, 환경 등 무형의 인프라도 포함한다[24, 25]. 마지막으로, “정책 및 전략”은 정부의 정책 및 제도, 거버넌스 구조, 정부 혹은 기업·기관의 클러스터 관련 전략 등에 해당한다.

2.3 분석의 프레임워크 및 연구방법

거대연구장비(LSRF; Large Scale Research Facility)는 입자가속기, 핵융합실험장치(tokamak) 등과 같이 거대과학(big-science) 연구에 사용되는 대형 설비를 의미한다. 이들 설비는 첫 번째로, 거대과학 연구에 초점을 두고 있어서[26], 이를 활용한 연구결과는 기초과학 지식에 가까우며 산업계에 곧바로 적용되기 어려운 경우가

많다. 상당수의 기존 혁신클러스터 문헌들에서는 대학이나 연구기관 등으로부터의 과급(spillover) 및 이전(transfer)에 초점을 두고 있는데, LSRF에서는 이러한 혁신과정이 제한적일 수밖에 없다. 두 번째로, LSRF는 대형 기관으로서 클러스터 내 중심기관(anchor organization)이라고 볼 수 있으나, 일반적인 클러스터 문헌들에 나타나는 중심기관이 대기업·다국적기업인 것과는 달리, 생산활동과 관련된 별도의 가치사슬을 가지고 있지 않다. 따라서 가치사슬을 통한 거래비용 절감, 지식 확산과 공유 등의 효과 역시 제한적일 수 있다. 세 번째로, LSRF는 거대한 규모로 인해 건설과 운영에 천문학적 예산이 필요하므로, 정부 지원에 의존하는 경우가 많다. 따라서 LSRF의 건설과 운영은 정치화·제도화되었다는 특징이 있으며[26, 27], 혁신클러스터 조성·육성 역시 전통적인 클러스터 관점보다는 정치적·제도적 관점에서 추진될 가능성도 높다.

이상 LSRF의 특징을 종합하면 LSRF 중심의 혁신클러스터는 일반적인 혁신클러스터와는 다른 방법으로 조성되고 육성될 가능성이 존재한다. 그러나 기존의 연구들에서는 LSRF에 적합한 모델을 제시하는 문헌을 찾기 어려우며, LSRF만을 별도로 연구한 혁신클러스터, 집적지, 혁신체제 문헌 역시 거의 존재하지 않는 현실이다. 이는 대학이나 과학연구단지(science park), 산업단지 사례연구가 축적되고 있는 것과는 대비되는 현실이다.

따라서 LSRF를 중심으로 한 혁신클러스터 조성·육성 방안 마련을 위한 기초적 연구가 수행될 필요가 있다. 본 연구에서는 전절에서 정리한 혁신클러스터 성공요인 4가지를 연구의 틀로 활용하여 탐색적 사례연구를 수행한다. 혁신클러스터 성공요인 4가지는 (1) 기술 및 지식, (2) 거래비용 및 집적경제, (3) 하드웨어적·소프트웨어적 인프라, (4) 정책 및 전략이다. 이들 중 기술 및 지식과 거래비용 및 집적경제는 기업들이 혁신클러스터 내에 집적하도록 하는 주요인들이며, 하드웨어적·소프트웨어적 인프라와 정책 및 전략은 보조요인들로 볼 수 있다.

사례연구 대상은 유럽입자물리연구소(CERN)와 일본의 SPring-8 가속기이다. 이들 사례는 본 분야의 대표성 및 국내 실정과의 유사성을 기준으로 선정하였다. 우선 CERN은 세계 최대의 가속기 연구기관이며, 최근 중성미자 발견과 같은 중대한 과학적 성과를 달성하는 등, 거대연구장비 분야에 대한 대표성을 띄고 있다. 그리고, 일본의 SPring-8은 가속기를 보유한 국가들 중 한국의 혁신

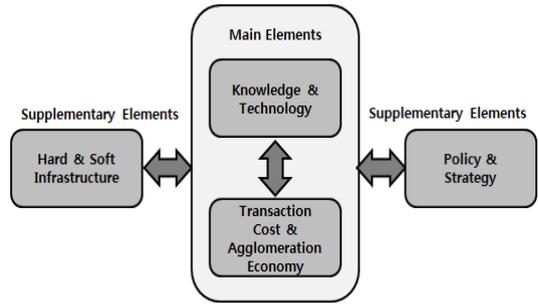


Fig. 1. Framework for Analysis

신환경 및 산업환경과 가장 유사한 국가의 장비이며, 실제로 혁신클러스터 조성을 시도해 보았다는 특징이 있어 본 연구 수행에 매우 적합한 사례로 판단된다.

이들 사례를 분석하기 위해서는 문헌조사와 심층면담을 병행하였다. 우선 각 연구소의 홈페이지, 관련 학술논문 및 전문정보를 통해 기초자료를 확보하였으며, CERN과 SPring-8을 방문하여 심층 인터뷰를 실시하였다. 이를 통해 LSRF 중심의 혁신클러스터 조성·육성은 어떠한 측면에서 성공 가능성이 있는지, 어떠한 한계점이 존재하는지 확인하고자 하였으며, 국내 과학벨트의 혁신클러스터화를 위한 시사점 도출을 시도해 보았다.

3. 사례연구

3.1 유럽입자물리연구소

유럽입자물리연구소(CERN)는 세계에서 가장 큰 입자물리 연구기구로서, 1954년도에 설립되어 스위스 제네바에 본부를 두고 있다. 현재 21개 국가가 회원으로 참여하여 운영 중이며, 2014년에는 이스라엘이 최초의 비유럽 국가로서 가입하기도 하였다. 현재 2,500명의 연구원 및 직원으로 구성되어있으며, 약 100개국의 11,000명의 연구자들이 참여 중이다.

CERN은 현재 세계 최대의 입자가속기인 Large Hadron Collider(LHC)를 보유하고 있는데, 설비의 둘레만 약 27킬로미터에 달하는 초대형 연구 설비로서 2009년부터 사용되고 있다. LHC는 건설에 약 10년의 기간과 약 47.5억 달러의 자금이 소요되었으며, 운영에는 매년 10억 달러가 사용되고 있다. 이 중 약 2,340만 달러가 연간 전기료이며, 컴퓨팅 관련 비용은 2억 8,600만 달러이다. 이러한 대규모 자금이 투입되고 있는 가운데, 실험비

용은 추가적으로 소요되고 있어, 건설 및 운영비는 천문학적 수준이다.

이러한 막대한 자금이 소요되는 CERN의 운영은 회원국의 투자금으로 이루어지고 있다. 전체 회원국 중 독일, 프랑스, 영국, 이탈리아가 전체 비용의 60%를 분담하고 있다. 인구 대비로 볼 때, 노르웨이, 덴마크, 스웨덴, 스위스, 네덜란드는 국민 1인당 약 3~5.4 유로 수준을 부담하고 있고, 경제수준이 낮은 동구권 및 그리스, 포르투갈 등은 2유로 이하, 기타 일반적인 유럽 국가들은 1인당 2~3 유로 내외이다. 이렇게 회원국의 투자금으로 운영이 되고 있는 만큼, CERN은 모든 회원국 기업에게 사업을 개방함으로써, 산업적 수익을 균등하게 배분하고자 하고 있다.

CERN의 운영으로부터 기대할 수 있는 파급효과로서 가장 일반적인 것은, CERN 연구에 따라 개발된 기술이 사회 전체의 이익을 위해 사용되거나, 의료 보전에 기여하고, 산업계에 정보 및 기술을 이전함으로써 사회 전반에 혜택을 가져다주는 것이다. 이외의 파급효과로서는 산업파급효과를 들 수 있다. 현재 전세계적으로 약 30,000여 개의 가속기가 운영되고 있으며, 이 중 순수 연구 목적 가속기는 약 200여 개에 불과한 상황으로, 대부분의 가속기는 산학연이 함께 사용하고 있다. 따라서 CERN의 가속기 연구는 전세계 30,000여 개 가속기로 파급되며, 이를 통해 산업계에 대한 경제적 파급 효과가 나타날 수 있다. 이들 산업용 가속기가 활용되는 제품 수요는 2007년 기준으로 약3,680억 유로이며(Table 2), 최근에는 연간 약 5,000억 달러로 예상되고 있어, 경제적 파급효과가 막대할 것으로 예상된다.

Table 2. Sales of Products Utilizing Accelerators (2007)

Application	Total systems	Systems sold/year	Sales/year (€M)
Cancer therapy	9,100	500	1,800
Ion implantation	9,500	500	1,400
e-welding & cutting	4,500	100	150
e-and X-ray irradiators	2,000	75	130
Radio-isotopes	550	50	70
Non-dest. testing	650	100	70
Ion analysis	200	25	30
Neutron generators	1,000	50	30
Total	27,500	1,400	3,680

Source: ESGARD (European Steering Group for Accelerator Research and Development)

CERN의 파급효과로 중요한 것 중 하나는 기술이전 및 공동연구이다. CERN의 기술들 중 산업계에 곧바로 활용 가능한 기술의 비율은 높지 않은 편이다. 2010년까지 CERN이 보유한 기술 중, 시제품 수준까지 도달하여 곧바로 기술이전이 가능한 것의 비율은 약 51%였으며, 이들 대부분(71%)은 이미 기술이전에 성공하였다. 그리고 시제품 수준에 도달하지 못하고 연구실 환경에서의 기능 검증이나 기초 개념 수준에 있어, 산업계의 관심을 유발하지 못하고 있는 기술이 49%에 달하는데, 이들 기술들은 많은 경우 산업계의 요구에 부응하도록 적절한 응용분야를 찾는 데 어려움이 많은 상황이다. 이에 CERN은 이들 기술의 이전 가능성을 높이기 위한 추가적인 연구개발에 투자를 하고 있다.

이런 가운데 CERN은 LHC 가속기 건설 기간인 2000년부터 2009년까지 163건의 기술이전을 기록하였는데 (Fig. 2), 이 중 90% 이상이 LHC (Large Hadron Collider) 가속기 사업과 관련된 것이었다. 이는 매년 평균 약 20건에 가까운 기술이 산업계로 파급된 것으로서, 이전된 기술의 분야는 IT 및 소프트웨어, 가속기 관련 기술, 탐지기술(detector), 전자 기술 등에 고르게 분포되어 있다.

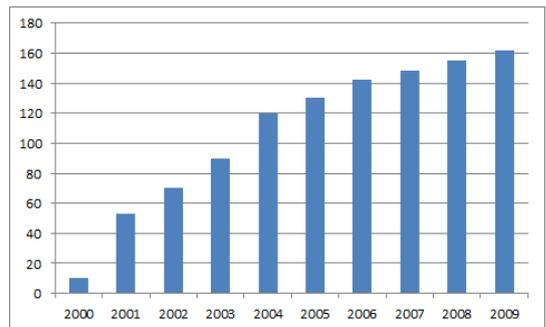


Fig. 2. Cumulative number of Technology Transfer Cases from CERN ([29] and Interview)

이전된 기술은 CERN의 연구개발로부터 만들어진 기술이 기업으로 이전된 순수한 의미에서의 기술이전이라기보다는, LHC 건설에 활용하기 위해 기업이나 CERN이 개발한 기술을 다른 분야에 응용한 형태의 기술이전인 경우가 많다. 이전된 기술의 예로, LHC 가속기의 쌍극자 조립에 사용되었던 Diaphragm system은 기계분야로 이전되었으며, LHC 실험 데이터 구축과 관리에 사용된 EDMS(Electronic Document Management System)

은 IT분야로 이전되어 일반 산업계에서 사용 중이다. 이외에 Autio et al.[28]에 의하면, 가속기 건설에 필요한 개발을 위해 CERN과 참여기업이 공동으로 연구개발을 수행한 사례가 존재하며, 공동연구개발 수행 결과는 각 기업별 사업에 활용되기도 하였다.

CERN에 첨단 장비 납품 실적이 있는 기업들에 대한 설문조사 결과[29], 38%의 기업들은 CERN에 대한 납품 프로젝트로부터 직접적으로 신제품을 개발하였다고 응답했고, 13%는 납품을 위해 신규 R&D 팀을 구축하였으며, 14%는 신규 사업부를 설치했다고 응답했다. 또한 40% 정도의 기업들은 CERN에 대한 납품으로부터 국제시장을 경험하였고, 기술학습 및 시장 학습을 한 것으로 나타났다.

이러한 기술이전 및 공동연구 현황을 종합해 볼 때, CERN의 기술이전은 과학연구로부터 직접적으로 도출된 기술의 이전이라기보다는 가속기 건설과 운영을 위해 신기술을 개발하고, 이것이 이전 및 상용화되는 형태임을 확인할 수 있다. 이러한 부분들은 기업들에게 지식 및 기술 차원에서 CERN과의 상호작용을 위한 유인으로 작용할 수 있다. 더욱이 CERN의 구매조달이 대규모로 이루어지고 있으며, 시설의 건설 및 유지보수에는 회원국 업체만 참여할 수 있도록 하고 있어, 회원국 기업들에게는 주요 매출원 및 신규 사업의 기회로 작용하게 된다. 또한 CERN의 재료 구매 및 인건비 이외에도, 구매조달로 발생한 신제품 개발, 품질 개선, 생산성 향상 등 다양한 성과가 발생하기도 한다[29].

혁신클러스터화와 관련하여, CERN은 산업계로부터 대량의 재료, 기기, 설비를 납품받아야 하며, 가속기 운영 과정 중 다양한 형태의 기술이전 및 경제적 파급효과가 있으므로, CERN을 중심으로 한 혁신클러스터 개발 가능성이 없지 않다. 그러나 CERN은 실제로는 인근 지역에 대한 혁신클러스터화 및 지역개발 관점에서의 사업은 수행하지 않고 있다. CERN은 기본적으로 21개 회원국이 공동으로 투자한 기관이기 때문에, 본질적으로 CERN의 건설, 운영 등으로부터의 혜택은 모든 회원국에게 고르게 분배되어야 하며, 특정 지역에 혜택이 집중되어서는 안 되기 때문이다. 현재 CERN이 위치해 있는 프랑스와 스위스는 이미 전력 공급(프랑스)과 고급인력 정주(스위스)로 인한 이익을 보고 있으므로, 더 이상의 특정 지역에 대한 혜택은 고려하지 않고 있는 상황이다. 다만 CERN 관계자는 인터뷰를 통해, 가속기의 운영이

관이 CERN과 달리 단일 국가에 소속되어 있고 관련 산업을 새롭게 육성해야 하는 입장이라면 클러스터 조성을 하지 않을 이유가 없다고 지적하고 있다.

3.2 일본 이화학연구소 SPring-8

SPring-8은 가속된 고에너지의 전자빔에서 발생하는 방사광을 이용하는 방사광가속기로 일본 효고현에 위치해 있다. 일본원자력연구원과 이화학연구소(RIKEN)가 1989년 효고현 하리마 과학도시공원을 연구소 부지로 정하여 건설하였고, 1997년에 운영이 시작되었다. Spring-8의 부지 면적은 141만 평방미터, 소요 예산은 한화 약 1조 1,000억원이며, 현재 일본 이화학연구소(RIKEN), 고취도광과학연구센터(JASRI), 전용빔라인 사용자의 세 주체가 참여하여 운영되며 운영 인력은 약 500명이다.

SPring-8은 물질과학, 생명과학 및 의학, 환경과학, 지구과학 및 우주과학 등 다양한 과학 분야에 이용되고 있으며, 산업분야에도 활용되고 있다. SPring-8의 빔라인은 공공빔라인, 계약빔라인, RIKEN 빔라인, 가속기빔라인의 4가지 유형으로 구분된다. 공공빔라인은 주요 사용자가 일본 및 해외의 산업계·학계·정부 연구자들이 주 이용자이며, RIKEN연구소 빔라인은 이화학연구소 연구자들, 가속기 관련 빔라인은 운영·유지보수·개선 담당 연구자들이 주 이용자이다. 계약빔라인은 계약자에 의해 거의 독점적으로 사용되고 있다.

공공빔라인의 경우 2015년 신청 과제 수가 1,030개, 과제 승인률은 약 68%로 수요가 매우 높다. 계약 빔라인에서 과제를 수행한 사용자들은 2015년 상반기를 기준으로 대학이 48%, 민간부문이 28%, 공공기관이 18%, 외국 연구기관이 14%를 차지하여, 민간 부문과 외국 연구기관의 비중도 상당히 높다.

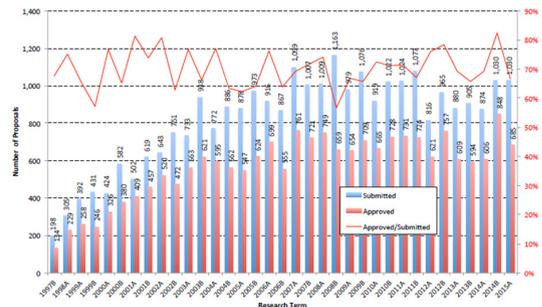


Fig. 3. Number of Applications for Using SPring-8 Public Beam Lines (SPring-8 Website)

SPring-8을 활용한 연구 성과 중 논문의 경우, 운영을 개시한 1997년부터 2013년 4월까지 15년간 총 7,531편의 논문이 출판되었으며, 평균 15.9회 인용되는 성과를 거두었다. 또한 SPring-8의 주요 주체인 고휘도광화학연구센터(JASRI)의 보유 지적재산권은 1999~2012년까지 총 62개로, 6개는 공개 전이며, 나머지 58개는 공개된 지적재산권이다.

SPring-8의 기술이전은 크게 두 가지 방식이다. 하나는 SPring-8이 보유하고 있는 기술을 기반으로 제품을 개발하는 경우로서, 이때에는 기술료를 부과하게 된다. 나머지 하나는 가속기 건설 과정에 참여한 기업들이 가속기 건설에 개발·적용한 기술을 다른 곳에 활용하는 경우이다. 예를 들면 SPring-8에 적용되어 사용되고 있는 자유전자레이저(free-electron laser) 장비인 SACLA(SPring-8 Angstrom Compact free electron LAsER) 건설에는 약 650개 기업이 참여하였는데, 이 가운데 상당수의 기업이 SACLA 건설을 위해 개발한 기술을 사업화하였다. 아래의 Table 3은 기술개발 및 상용화에 성공한 SPring-8 관련 기술 사례이다.

Table 3. Commercialization Cases from SPring-8 Technologies (Selected)

Pattern	Firms	Technology or Product
Technologies Developed for the Construction and Maintenance of SPring-8	Hitachi Metals	Vacuum Package Undulator
	Nippon Electric, Sarton Works	Analyzing Crystal
	Rigaku	Diffractionmeter
Technologies Developed by Using SPring-8	GS-Yuasa Corporation	eNi TIME
	Sumitomo	Enersave Tyre
	Kao	Segreta

Source: SPring-8 Interview

일본은 SPring-8의 이러한 가능성을 바탕으로, 하리마 과학공원을 조성하고 SPring-8 중심의 혁신클러스터를 육성하고자 하였다. 그러나 SPring-8 운영주체 측에 의하면, 하리마 과학공원이 혁신클러스터로 성장했다고 보기는 어려운 상황이다. 그 이유 중 하나는 하리마 과학공원이 산업입지로서의 매력도가 떨어지는 오지에 위치해 있기 때문이다. 하리마 과학공원은 오사카에서 약 2시간, 도쿄에서 약 4시간 이상 걸리는 곳으로, 인근 지역에는 산업시설 및 시장이 전무하다. 이 지역이 SPring-8

의 입지로 선정된 이유는 일본의 지질학적 특성상 안정된 지역이 많지 않은 상황에서 효고현이 가속기 시설이 위치하기에 가장 안정적인 곳이기 때문이다. 즉 가속기 장비의 특성상 기존 산업 및 정주 지역으로부터 떨어진다는 불리함이 존재한다는 것이다. 이런 상황에서, 기업체들 입장에서는 일반적인 가속기 관련 연구 프로젝트의 기간이 3년 정도이며, 소수의 연구자만 파견해도 수행이 가능한 것이므로, 굳이 회사의 생산활동까지 SPring-8 인근으로 이전할 필요가 없다. 따라서 혁신클러스터 조성은 더더욱 쉽지 않게 되었다.

3.3 사례종합 및 토론

이상의 사례연구를 Fig. 1의 분석의 틀에 따라 정리하면 다음과 같다. 첫 번째로, 기술 및 지식 관점에서 보면, CERN과 SPring-8은 다양한 형태의 기술개발·이전·상용화가 이루어지고 있어, 지식 및 기술 차원에서 기관과 기업 간 상호작용을 위한 유인은 없지 않다고 볼 수 있다. CERN의 경우, 가속기를 활용한 연구결과로부터 지식·기술을 도출하고 이를 상용화하는 혁신보다는, 가속기의 건설·운영·장비납품·구매조달 등을 위해 기술을 개발하고 그 기술이 상용화되는 형태의 혁신이 주로 발생하는 것으로 볼 수 있다. SPring-8은 CERN과 같이 건설·운영·장비납품·구매조달 과정에서의 혁신이 발생하고 있음은 물론이고, 가속기 장비를 활용해 연구개발을 수행하고 그 결과를 상용화·사업화 하는 형태의 혁신도 비교적 활발한 편이다. (이러한 차이는 CERN의 LHC가 순수 연구 목적 가속기인 반면, SPring-8은 산업계가 직접 사용하기도 하기 때문인 것으로 판단된다). 기존의 혁신클러스터 문헌들의 경우 주로 기관 및 대학이 지식을 창출하고 이것을 기업으로 파급·이전하는 과정에만 초점을 둔 반면, LSRF의 경우 이와 다른 형태의 혁신과정도 활발히 발생하고 있어서 기술 및 지식차원의 유인은 충분한 것으로 볼 수 있다.

두 번째로, 거래비용 및 집적경제 관점에서 볼 때, LSRF는 기업들에게 큰 집적 요인을 제공해 주지 못하는 것으로 보인다. 일본 SPring-8의 경우 안정적인 지반이 요구되는 가속기 장비의 특성상 효고현이라는 기존 산업 시설 및 시장으로부터 멀리 떨어진 오지에 위치하게 되었다. 이로 인해 기업들은 이곳에 위치하게 될 경우 집적경제 효과가 불투명한 가운데, 거래비용만 증가할 가능성이 높다. 기업 입장에서는 아무리 지식 및 기술 차원에

서의 유인이 존재한다고 하더라도, 오지에 위치하게 됨으로써 발생하는 비용상의 불이익을 상쇄하기 어렵다고 판단할 수 있다. 따라서 기업들은 SPring-8의 배후인 하리마 과학도시에 직접 입주하는 대신 소수의 연구원만 파견하는 경우가 많다. 이럴 경우 연구장비 접근에 대한 거래비용은 증가(asset specificity가 높으므로)하는 반면, 우수한 입지에서의 생산활동에 비교하면 큰 비용이 아니므로 충분한 입주 유인을 제공하지 못하기 때문이다. 또한 최근 정보통신의 발달로 인해 연구기능과 생산활동 간 원거리 의사소통이 저가에 가능해진 것도 하나의 배경이 될 수 있다.

세 번째로, 소프트웨어·하드웨어적 인프라가 미비할 경우, LSRF 혁신클러스터 조성·육성에 걸림돌로 작용할 수 있다. 일본 SPring-8의 배후도시인 하리마과학공원의 경우 도시 내적으로는 최첨단 인프라를 구축하였으나, 타지역과 원거리에 위치해 있으며 연계 교통망이 미비한 점은 집적지의 매력도를 떨어뜨리는 가장 큰 요인 중 하나이다.

네 번째로, 정책 및 전략과 관련하여, LSRF는 강력한 정부의 의지와 지원을 요구한다. CERN은 기술 및 지식 차원에서의 유인이 존재하며, 배후도시인 제네바는 여러 국제기구가 집중되어 있어서 우수한 인재 풀이 존재하고, 우수한 정주환경이 제공되는 등 집적지 구축에 크게 불리하지 않다. 그러나 CERN은 21개 국가의 공동 투자로 운영되는 기관이라는 특성 상, 특정 지역에 대한 클러스터화 및 지역개발은 고려하지 않고 있어 혁신클러스터로 발전하지는 못하고 있는 현실이다. 반면 일본의 SPring-8은 소프트웨어·하드웨어적 인프라와 거래비용 및 집적경제 차원에서 매우 불리한 위치에 있음에도 불구하고, 사업추진 주체의 의사결정에 따라 기초적인 형태 정도나마 갖출 수 있었다. 더욱이 LSRF가 거대한 규모와 예산으로 인해 정부 지원에 의존하며, 이로 인해 LSRF의 건설·운영이 정치화·제도화될 수 있다는 점을 고려할 때[26, 27], 정부 정책은 우위 요소를 배가시키고 열위요소를 감소시키는 요인으로 작동할 수 있다.

종합하면 LSRF는 기술 및 지식 차원에서 혁신클러스터 조성을 위한 기회 제공이 가능하나, 장비의 특성 상 기업체들에게 불리한 위치에 입지하게 될 수 있다. 이에 따라서 거래비용 및 집적경제 측면이 혁신클러스터 조성에 대한 걸림돌로 작용할 수 있다. 인프라와 정부정책 및 전략 요인은 기술 및 지식, 거래비용 및 집적경제 측면을

보완하는 요소로 작용할 수 있는데, 우수한 인프라와 강력한 정부 정책에 따라 혁신클러스터 조성·육성이 더욱 촉진될 수 있을 것이다.

4. 우리나라 과학벨트에 대한 시사점

과학벨트를 혁신클러스터로 육성시키기 위해서는 우선, 가속기로부터의 지식을 창출하고 이를 산업계로 파급 혹은 이전시키겠다는 단순한 공급추동형(supply-push) 관점에서 탈피할 필요가 있다. 사례연구에서 나타난 가속기 관련 혁신 패턴은 공급추동형은 물론 수요견인형(demand-pull)과 공급추동-수요견인 복합형 등도 존재한다. 이들 혁신과정들은 Table 4와 같이 국방분야에서 경험적으로 널리 사용되고 있는 spin-off, spin-on, spin-up 모형으로도 정리가 가능하다.

Table 4. Patterns of Innovation and Commercialization from LSRF and Participants

Pattern	Process	Participants
Spin-off	Private sector utilizes research outcomes from LSRF	Technology Users, Facilities(LSRF) Users
Spin-on	Private firms develop new technologies for LSRF construction or maintenance, and/or use the tech. for other purpose	Suppliers
Spin-up	LSRF and Private firms cooperate for new technology development	Researchers and Developers

이러한 다양한 혁신패턴을 감안할 때, 지식을 사업화하는 기술 사용자 중심의 클러스터화 관점에서 탈피하여, 가속기의 건설·운영·관리·사용 등 전주기에 걸친 사용자, 참여자 등을 확인하고 혁신클러스터 발전 전략을 수립할 필요가 있다. 가속기 건설에는 기술 사용자, 장비 사용자, 공급자, 공동연구자 그룹 등 다양한 참여자들이 존재하는데, 이들을 상기의 spin-off, spin-on, spin-up에 따라 요약하면 아래 표와 같다. 과학벨트를 혁신클러스터로 발전시키기 위해서는 이와 같은 다양한 참여자 그룹의 존재와 역할을 충분히 고려할 필요가 있다.

가속기 클러스터는 산업입지 관점에서 타 지역보다 열악한 조건일 가능성이 높으므로, 정부의 주도 하에 입지조건 상 매력도를 높이기 위한 방안이 마련되어야 한다. 특히 과학벨트는 대전과 세종시 사이에 위치해 있어,

교통, 교육, 정주환경 등에 있어 두 도시 대비 열위에 있지 않은지 충분한 검토가 필요하다. 이를 통해 열위에 있는 요소에 대해서는 정부의 적극적인 지원이 제공되어야 할 것이다.

또한 인근지역의 산업적 특징 및 연관산업을 고려하여 입주기관을 전략적으로 유치할 필요도 있다. 가속기 연구와 직·간접적으로 관련이 있는 정부출연연구소나 대기업을 유치하고, 이를 통한 간접적 효과를 기대하는 것이 좋은 방안이 될 수 있을 것이다. 또한 대덕연구단지가 위치해 있는 인근 지역의 특징을 반영하여, 기업연구소 유치도 고려할 만하다. 과학벨트 자체만으로도 국가 연구개발 중심지로서의 상징성이 있으며, 인근의 대덕연구단지도 연구기능 중심이므로, 기업의 생산기능보다는 연구개발 기능의 입주 수요가 더욱 크게 발생할 수 있기 때문이다.

마지막으로, 과학벨트 입주로 인한 기업들의 비용 상승이 상쇄될 수 있도록 보완적 인센티브가 필요하다. 과학벨트는 가속기를 중심으로 계획되고 있으며 인근에 우수한 연구인프라가 구축되어 있으므로, 이를 반영하여 지식 및 기술 차원의 인센티브를 더욱 강화하는 방안을 이용할 수 있다. 가속기 건설과 운영을 위한 참여업체 선정 시 지역 업체들을 적극 발굴하여 참여를 유도하는 것을 고려해 볼 필요가 있다. 또한 기초과학연구원 및 인근 정부출연연구원의 기술이전 및 연구개발 사업 진행 시 과학벨트 업체에 대한 우선권을 부여하는 등의 방안이 마련될 경우, 특히 기술집약적 중소·벤처 기업들에 대한 입지 인센티브로 작용하게 될 것으로 예상된다.

5. 결론

본 연구는 거대장비기반 연구센터 중심 혁신클러스터 개발의 가능성을 검토해 보고, 과학벨트를 혁신클러스터로 발전시키기 위한 정책적 시사점을 모색해 보고자 하였다. 이를 위해 우선 혁신클러스터 관련 문헌연구를 수행하여, 혁신클러스터의 개념적 의미와 성공요인을 파악하였다. 혁신클러스터는 산업클러스터론의 집적경제 관점과 혁신체제론의 상호작용 및 시스템 관점이 융합된 개념이며, 이들 중 어느 한쪽 관점만으로 이해할 수 없음을 확인하였다. 그리고 기존 문헌에 나타난 혁신클러스터 성공요인을 종합하여 (1) 지식 및 기술, (2) 거래비용 및 집적경제, (3) 하드웨어·소프트웨어적 인프라, (4) 정

책 및 전략 등으로 요약하였다. 본 연구에서는 이를 분석의 틀로 활용하여, 해외 LSRF에 대한 탐색적 사례연구를 수행하였다.

사례연구 결과, CERN과 SPring-8 등 LSRF에서는 가속기를 활용한 연구결과로부터 지식·기술을 도출하고 이를 상용화하는 혁신, 가속기의 건설·운영·장비납품·구매조달 등을 위해 기술을 개발하고 그 기술이 상용화되는 형태의 혁신 등 다양한 형태의 혁신이 발생하고 있어서, 혁신클러스터를 위한 지식 및 기술 차원의 유인이 높은 것으로 나타났다. 반면 LSRF는 장비의 특성 상 기업체들에게 불리한 위치에 입지할 수 있으며, 이에 따라서 거래비용 및 집적경제 측면이 혁신클러스터 조성에 대한 걸림돌로 작용할 수 있다. 그러나 정부 정책과 인프라 등 보조요소들은 주요소(기술 및 지식, 거래비용 및 집적경제)를 보완하여 우위를 배가시키고 열위를 감소시키는 데 활용 가능한 것으로 볼 수 있었다.

이상과 같은 사례연구 결과에 따라 본 연구에서는 전주기 관점에서의 참여자 그룹 발굴, 산업 인프라 및 정주환경 관점에서의 인센티브, 인근지역의 특징을 고려한 입주유치 전략 마련, 지식 인센티브 강화 등의 정책적 시사점을 제시한다.

References

- [1] J. Yu and R. Jackson, "Regional Innovation Clusters: A Critical Review", *Growth and Change*, 42(2), pp. 111-124, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-2257.2011.00546.x>
- [2] W-I. Lee, "The Study on the Cluster Analysis for the Activation of the Innovation Cluster - Focused on the Case of the Academia-Industrial Cooperation of the Gwanggyo Technovalley", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 13(8), pp. 3477-3485, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.8.3477>
- [3] D.S. Yim, W. D. Kim, and J. H. Yu, "The Evolutionary Process of Daedeok Science Town and International Comparison - In the Perspective of Innovation Cluster", *Journal of Technology Innovation Society*, 7(2), pp. 373-395, 2004.
- [4] Y. C. Jeong, S. J. Lee, J. B. Lim, and S. Y. Jeong, "A Study on the Factors Influencing the Success of Innovation Clusters", *Proceedings of the 2015 Autumn Conference, Korea Technology Innovation Society*, pp. 545-553, 2015.
- [5] OECD, *Boosting Innovation: the Cluster Approach*, Paris: OECD Publications, 1999.
- [6] OECD, *Innovative Clusters: Drivers of National Innovation Systems*, Paris: OECD Publications, 2001.

- [7] M. E. Porter, *Competitive Advantage of Nations*, New York: Free Press, 1990.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-349-11336-1>
- [8] C. Lee, "Research Trends and Issues of Industrial Agglomeration in Korean Geography", *Journal of the Korean Geographical Society*, 48(5), pp. 629-650, 2013.
- [9] C. Freeman, *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, London: Pinter, 1987.
- [10] B-A. Lundvall, *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London: Pinter, 1992.
- [11] P. Cooke, "Regional Innovation Systems: Competitive Regulation in the New Europe", *Geoforum*, 23, pp. 365-382, 1992.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7185\(92\)90048-9](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7185(92)90048-9)
- [12] F. Malerba, "Sectoral systems of innovation and production", *Research Policy*, 31(2), pp. 247-264, 2004.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00139-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00139-1)
- [13] M. E. Porter, "Clusters and the new economics of competition", *Harvard Business Review*, November-September 1998, pp. 77-90, 1998.
- [14] D. Arthurs, E. Cassidy, and C. H. Davis, "Indicators to support innovation cluster policy", *International Journal of Technology Management*, 46(3/4), pp. 263-279, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1504/IJTM.2009.023376>
- [15] B. Preissle, "[Working Paper] Innovation Clusters: Combining Physical and Virtual Links", *DIW-Diskussionspapiere*, No. 39, available at: <http://hdl.handle.net/10419/18119>, 2003.
- [16] J. G. Mallet, "Silicon Valley North: The formation of the Ottawa innovation cluster", in Larisa V. Shaminia (ed.), *Silicon Valley North: Technology Innovation, Entrepreneurship and Competitive Strategy*, Volume 9, Emerald Group Publishing Ltd., pp. 21-31, 2004.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1108/S1479-067X\(2004\)000009004](http://dx.doi.org/10.1108/S1479-067X(2004)000009004)
- [17] M. Gagne, S. H. Townsend, J. Bourgeois, and R. E. Hart, "Technology cluster evaluation and growth factors: literature review", *Research Evaluation*, 19(2), pp. 92-90, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3152/095820210X510124>
- [18] S. B. Hong, D. S. Yim, and K. K. Kim, *Characteristics and Types of Chinese Innovation Clusters in Comparison with Korean Cases*, STEPI, 2003.
- [19] J. Lim, H. Cho, S. Chung, "The Study on the Policy for the formation of the Innovation Cluster: Focus on Pango Technovalley in Gyeonggi-Province", *Journal of Koreatechnology Innovation Society*, 15(3), pp. 675-699, 2012.
- [20] B. T. Asheim, and L. Coenen, "Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters", *Research Policy*, 34(8), pp. 1173-1190, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2005.03.013>
- [21] P. Maskell, and A. Malmberg, "Localised learning and industrial competitiveness", *Cambridge Journal of Economics*, 23, pp. 167-185, 1999.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/cje/23.2.167>
- [22] A. J. Scott, *New Industrial Spaces*, London: Pion, 1998.
- [23] P. Krugman, "Increasing Returns and Economic Geography", *The Journal of Political Economy*, 99(3), pp. 483-499, 1991.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1086/261763>
- [24] C. Edquist, *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London: Pinter, 1997.
- [25] A. Saxenian, *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994.
- [26] G. Lauto, and F. Valentin, "How Large-Scale Research Facilities connect to global research", *Review of Policy Research*, 30(7)(4), pp. 381-408, 2013.
- [27] M. Hobday, "Product Complexity, innovation and industrial organization", *Research Policy*, 26, pp. 689-710, 1998.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00044-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00044-9)
- [28] E. Autio, A-P. Hameri, and O.Vuoula, "A Framework of Industrial Knowledge Spillovers in Big-science Centers", *Research Policy*, 33, pp. 107-126, 2004.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333\(03\)00105-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-7333(03)00105-7)
- [29] J-M. Le Goff, *Knowledge Transfer and Industry Involvement: The Impact of CERN on High Tech Industry Developments*, ICABU 2013 Conference, Daejeon, Korea, 2013.

지 일 용(Ilyong Ji)

[정회원]



- 2003년 9월 : 영국 Surrey대학교 경영대학원(기술경영학 석사)
- 2005년 9월 : 영국 Sussex대학교 SPRU(산업혁신분석 석사)
- 2012년 8월 : KAIST 경영과학과(경영학 박사)
- 2012년 7월 ~ 2013년 8월 : 산업연구원 부연구위원
- 2013년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 조교수

<관심분야>

기술혁신경영, 과학기술정책, 산업혁신체제

김 병 근(Byung-Keun Kim)

[정회원]



- 1986년 7월 ~ 1997년 9월 : 정보통신정책연구원 주임연구위원
- 1999년 2월 : 영국 Sussex 대학교 SPRU(과학기술정책 석사)
- 2003년 6월 : 영국 Sussex 대학교 SPRU(과학기술정책 박사)
- 2002년 9월 ~ 2005년 2월 : 영국 Sussex 대학교 강사, 연구교수
- 2005년 2월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 산업경영학부 교수

<관심분야>

기술혁신경영, 과학기술정책, 기술사업화