

한국의 기술혁신모형: 새로운 지평을 향하여

(Korean Innovation Model: Toward a New Horizon)

최영락* · 이대희** · 송용일*** · 정윤철****

〈 목 차 〉

1. 서론
2. 기존연구 검토
3. 한국적 기술혁신모형의 탐색
4. 사례분석
5. 사례분석 결과의 함의
6. 요약 및 결론

Summary : Prior research in R&D innovation in Korea has been centered around the ‘three-stage development model,’ which hypothesizes that the Korean innovation process goes from the introduction (of foreign technology) stage, through assimilation stage to the final modification stage. As Korean economy shifts from traditional industry-led development to innovation-centric development, such an approach loses sight of the whole picture. The current study argues that a new framework is required for adequate analysis on newly arising innovative patterns in Korea, emphasizing source technology development and technology leader strategy. For this purpose, we propose the ‘Jigsaw Puzzle Model’ of technology development, which is then verified by an in-depth analysis on the innovation processes of 3 representative IT products

* 공공기술연구회 이사장 (email : yrchoi@korp.re.kr).

** 한국과학기술연구원(KIST) 전략기획부 선임연구원 (email : dhlee@kist.re.kr).

*** 한국과학기술연구원(KIST) 전략기획부 선임연구원 (email : yongilsong@kist.re.kr).

**** 한국과학기술연구원(KIST) 전략기획부 부장 (email : ychung@kist.re.kr).

of Korea, DRAM, TFT LCD, and CDMA. The model suggests that Korean innovation model is a dynamic, efficient amalgamation of foreign-acquired and dependent technologies, based on internally accumulated technological resources. The model explains better how Korean firms are achieving a rapid catch-up of technological gaps with advanced nations and are able to transfer from the technology follower to the leader position.

Keywords : Korean Innovation, Jigsaw Puzzle Model, Integration Capability

1. 서론

지속적인 경제성장을 위해서는 기술혁신이 긴요하며, 이를 위해 R&D 투자가 중요하다는데 큰 이견이 없다(하준경, 2004). 과학기술발전을 위한 투자 확대는 이러한 기술혁신을 통해 경쟁력을 증진시키고자 하는 열망에 의해 뒷받침되어 왔다(Goddard, 2004).

우리나라는 지난 40여년간 과학기술 발전을 위해 많은 노력을 기울여 왔으며, 이제 선진국 진입의 문턱에 도달한 것으로 평가되고 있다. 지난 '62년부터 '03년까지의 누적적인 총연구개발투자는 1,645억 달러(경상가격 기준 합계)에 달하며, 또 해외로부터의 기술도입액은 같은 기간에 325억 달러(경상가격 기준 합계)를 기록하였다. 우리의 경제력과 가용자원을 감안할 때 이러한 투입규모는 대단한 것이었으며, 어려운 여건 속에서 과학기술 발전에 자원을 집중시켰던 우리의 의지와 노력을 잘 나타내고 있다.

또한 우리나라는 지난 40여년간 수많은 산업을 탄생·발전시키는 능력을 보여주었다. '60년대 이후 섬유, 가전, 석유화학, 철강, 자동차, 조선 등 주요 산업을 차례로 발전시켰을 뿐만 아니라, DRAM, TFT LCD, CDMA 등 주요 첨단제품의 개발에 성공함으로써, 불과 40여년 만에 매우 다기화되고 복합적인 산업구조를 갖게 되었다. 짧은 기간 동안 전통산업에 첨단산업이 가미된 중층적 구조의 바람직한 모습을 실현하였고, 일부에서는 세계적으로 경쟁력 있는 제품을 창출하는 단계에 이르렀다.

하지만 이러한 많은 국내의 기술혁신활동에도 불구하고, 이에 대한 지식이 부족할 뿐만 아니라, 이를 심층적으로 분석하여 개념화·이론화하려는 소위 한국적 기술혁신모형의 발굴에 소홀하였다. 이 글에서는 우리는 과연 한국의 기술혁신활동에 대하여 얼마나 알고 있는가? 현재까지 도출된 기술혁신모형은 더욱 발전해야 하지 않는가? 이와 관련하여 새롭게 개척할 연구영역은 없는가? 등을 중심으로 논의를 전개하고자 한다.

지금까지 한국의 기술혁신과정을 설명하는 연구는 선진기술의 도입, 소화 및 개량, 창출이라는 단계모형(stage model)을 중심으로 논의가 전개되었다(Hobday et al., 2004). 또한, 한국과 같은 후발국의 기술발전은 선진국과 반대로 혁신과정의 성숙단계에서 초기단계, 즉 경화기→이행기→유동기로 진행되는 것으로 파악해 왔다(Kim, 1997; 송위진 외 2004). 유사한 맥락에서, 한국의 기술발전과정은 저위기술에서 고위기술로, 단순한 기술에서 점차 정교한 기술로의 소화·흡수가 이루어졌다는 연구도 제기되었다(조형제·김창욱, 1997; Kim, 1997).

이러한 단계모형은 한국의 기술혁신과정의 일반적인 경향을 추상적으로 파악하고, 대체적인 기술발전 궤적을 분석하는데 유용하다. 하지만 기술혁신과정의 다양한 측면들을 종합적으로 다루는 데에는 한계가 있으며, 특히, 한국이 단기간에 이룩한 기술적 비약과정을 설명하는데 부족함이 있다. 따라서, 새로운 시각과 접근방법을 통해 한국의 기술혁신활동을 보다 적합하게 설명할 수 있는 한국적 모형의 발굴이 필요하다는 것이 이 글이 취하는 관점이다.

본 글에서는 새로운 한국적 기술혁신모형의 탐색을 위해 사례연구 방법을 사용한다. 사례연구는 기존 연구와 다른 관점을 제시하거나 새로운 이론을 정립하는 단계에 적용된다(Eisenhardt, 1989). 따라서, 사례연구는 새로운 기술혁신모형을 탐색하는데 풍부한 토대를 제공한다. 사례분석 대상은 DRAM, TFT LCD, CDMA로 선정하였다. 이들 첨단제품을 분석 대상으로 선택한 것은 후발자로 출발하여 단기간에 세계적 기술력을 확보하고, 선두주자로 부상하는 과정에서 있었던 다양한 형태의 기술개발활동은 한국의 기술혁신과정을 상징적으로 보여주는 사례이기 때문이다. 사례분석을 위한 자료는 기업 관계자, 유관 협회 등을 대상으로 한 인터뷰를 통해 입수하였다. 또한, 연구보고서, 논문, 언론기사 등 2차 자료를 종합해 인터뷰만으로 부족한 부분을 보완하여 사례분석을 수행하였다.

이하 본 글의 구성은 다음과 같다. 먼저, 한국의 기술발전과정에 대한 기존 연구와 선진국 모형의 적용 가능성을 살펴본 후, 새로운 한국적 기술혁신모형을 제안한다. 다음으로, 새로운 기술혁신모형의 적용 가능성을 탐색하기 위해 3개의 사례에 대한 분석을 한다. 마지막으로 사례연구를 종합하면서 연구의 함의를 도출하고, 주요 결과를 요약·제시한다.

2. 기존연구 검토

우리나라의 기술혁신활동에 대한 기존의 연구는 선진기술의 도입, 소화, 개량이라는 단계모형(stage model)이 주류를 이루었다. 즉 선진국으로부터의 기술도입을 시발점으로 하는 역엔지니어링(reverse engineering)의 관점에서 보는, 소위 '개발도상국 모형'에 토대를 두어 논의를 전개해 왔다. 다만 근래에 이르러 자체 기술혁신활동이 급속하게 증가함에 따라 자체 기술

능력 축적과정에 보다 관심을 기울이면서, 그 안에서 기술도입 측면을 다루고 있다.

한국의 기술혁신모형과 관련된 초기의 연구는 동태적 기술발전모형을 이용하여 개발도상국을 분석한 김인수 교수의 논문이 대표적이다(Kim, 1980). 이 논문은 한국의 전자산업을 대상으로 한 실증적 연구를 통해 개발도상국의 기술발전 단계가 해외에서 성과가 입증된 성숙기술의 도입에서 출발하여 선진국과는 역방향으로 진행된다고 설명하였다. 다른 한편 주요 산업인 기계(윤석철, 1985), 석유화학(박우희, 1980), 철강(변형운, 1980), 섬유(배무기, 1980)분야에서의 기술도입과 이의 내재화과정에 대한 연구도 진행되었다.

뒤를 이어 주요 산업별 기술축적 과정에 대한 연구가 한국과학기술원을 중심으로 이루어졌다. 그 예로서 자동차(현영석, 1996), 공작기계(박승주, 1981), 컴퓨터(이장우, 1988), 반도체(변병문, 1991), 전전자교환기(이정훈·이진주, 1992) 등을 들 수 있다. 그리고 이진주 교수는 이러한 연구들을 종합하여 총체적 모형이 성립함을 제시하는 논문을 발표하였다(Lee et al., 1988). 이 모형은 개발도상국의 기술발전 과정을 도입단계, 내재화단계, 창출단계로 나누고, 이를 선진국의 발전단계와 연계시킬 때 선진국과 역방향으로 진행됨을 제시하였다.

다른 한편 과학기술정책연구원 연구진, 서울대 이근 교수팀, 그리고 일련의 한국인 유학생들이 한국의 산업 또는 기업 차원의 기술축적 과정을 심도있게 분석하였다. 이들 중 과학기술정책연구원의 반도체(최영락, 1991), 공작기계(이공래, 2000), CDMA (송위진, 1999), 반도체·컴퓨터(황혜란, 2000), 포항제철(송성수, 2000)과 서울대의 자동차(김견, 1997), 반도체(김창욱, 1998) 등이 대표적이다. 그리고 김인수 교수는 모방에서 혁신으로의 도약이라는 관점에서 자동차, 전자, 반도체 등에 대한 연구를 통하여, 그 발전의 기저에 급속한 기술학습이 있었음을 밝혔다(Kim, 1997).

또한, 최근 한국의 기술혁신 능력이 급속히 발전함에 따라 기술추격에서 기술리더십 지위로의 이행기 문제에 초점을 맞춘 연구가 활발히 이루어졌다. Hobday et al.(2004)은 혁신 프론티어로의 이행단계에서 기업이 직면하는 도전의 유형과 그 대응 양태를 분석하였으며, 송위진 외(2004)는 디지털 TV를 사례로 기술패러다임 변화기에 후발국의 추적이 이루어지는 조건과 패턴을 규명하였다. 아울러, Lee & Lim (2001)은 자동차, DRAM, 컴퓨터 등의 산업을 대상으로 기술도약(leapfrogging)의 존재 여부와 그 조건을 밝히는 연구결과를 제시하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 한국의 기술혁신 과정에 대하여 그동안 많은 연구가 진행되었고 상당한 지식도 축적되었다. 특히 한국은 개발도상국의 상태에서 선진국과는 역행적인 방향으로의 기술축적이 이루어진다는 점이 전반적인 흐름으로서, 이와 관련된 연구는 많이 진전되었다.

하지만 실제 우리나라에서 나타난 기술축적 과정에 대한 심층적인 분석과 실증적 연구를 바탕으로 한 한국적 기술혁신의 모형이 과연 무엇인가를 밝히기 위한 연구는 미흡하였다. 더

육이 이러한 한국적 모형에 대한 연구를 토대로 국제적으로 공인받는 일반모형으로 진전시키기 위한 노력이 부족하였다. 즉 그동안 한국의 기술발전을 위하여 투입된 막대한 자원과 노력에 비하여, 이러한 것들을 이론적인 모형으로 발전시키기 위한 작업이 불충분하였다고 할 수 있다.

이와 관련하여 선진국에서 다루고 있는 기술혁신모형에 바탕을 둔 한국적 모형을 발굴할 수 있는가도 관심사이다. 선진국의 기술혁신 사례에 바탕을 둔 개념적 모형 중 가장 일반적으로 논의되는 것이 선형모형(linear model)이다. 이 모형은 기술혁신 과정이 연구→개발→생산→마케팅의 단계를 거쳐 선형의 방향으로 이루어진다는 것이다. 이 모형에 대하여 그동안 많은 비판이 제기되었음에도 불구하고, 여전히 논의의 대상이 되고 있다.

선형모형의 대안으로 제시된 모형 가운데 가장 대표적으로 인정을 받는 모형이 연쇄고리모형(chain-linked model)이다(Kline and Rosenberg, 1986). 이 모형은 기술혁신이 선형의 방향으로 진행되는 것이 아니라 각 단계들간에 끈임없이 환류가 일어나고, 또한 연구(과학지식)가 초기 출발점으로만 작용하는 것이 아니라 기술혁신의 각 단계마다 연관을 맺는 등 기술혁신은 매우 복잡한 과정을 통하여 이루어짐을 강조하고 있다.

이외에도 기술주도(technology push)와 수요견인(demand pull), 획기적 기술혁신(radical innovation)과 점진적 기술혁신(incremental innovation) 등 다양한 모형들이 논의되고 있다. 한 가지 특기할 사항은 많은 전문가들이 비선형(non-linear), 그리고 동태적 기술혁신모형의 개발에 관심을 기울이고 있으나, 기대만큼 성과를 얻지는 못하고 있다.

이러한 선진국 모형을 한국의 사례에 얼마나 적용할 수 있는가는 매우 의미있는 주제이다. 하지만 그 일부의 적용은 가능하나, 선진국 모형을 기본 틀로 하기는 어려울 것이다. 그 이유는 첫째 우리의 연구개발 수준이 선진국처럼 독창적인 과학기술지식을 무수히 창출할 만큼 높지 않고, 둘째 국가기술혁신체제(national innovation system)의 제반 요소가 선진국처럼 필요할 때 즉시 즉시 동원할 수 있을 만큼 갖추어 있지 않으며, 셋째 따라서 한국에서 창출한 과학기술지식을 출발점으로 하는 기술혁신 사례가 그만큼 적기 때문이다. 결국 우리는 선진국 모형과 개발도상국 모형의 그 중간 어딘가에 있을 한국적 기술혁신모형을 발굴·정립함으로써, 한국의 특유한 양태를 개념적·이론적으로 규명할 수 있을 것이다.

3. 한국적 기술혁신모형의 탐색

앞에서 언급한 바와 같이 한국적 기술혁신모형을 정립하기 위하여는 새로운 시각에서 실제 기술능력 축적이 이루어진 과정을 규명하기 위한 연구가 많이 진전되어야 한다. 이러한 취지

에서 이 글에서는 그 대안의 하나로서 한국의 기술혁신 과정을 설명하는 모형으로서 ‘동태적 결합모형(jigsaw puzzle model)’을 제안한다.

이 모형의 출발점은 한국에서 근래에 이루어지는 기업 및 개별제품 차원의 기술혁신의 실제 모습이 기술도입→소화 및 개량→창출의 단계가 순차적으로 일어나는 것이라기 보다는, 기업이 사전에 쌓아온 내부 축적기술, 외부(해외 및 국내)로부터 유입된 기술을 습득하여 활용하는 외부 습득기술, 그리고 여전히 외부의 기술에 전적으로 의존해야만 하는 외부 의존기술의 3가지 요소가 결합되어 있다는 점이다.¹⁾

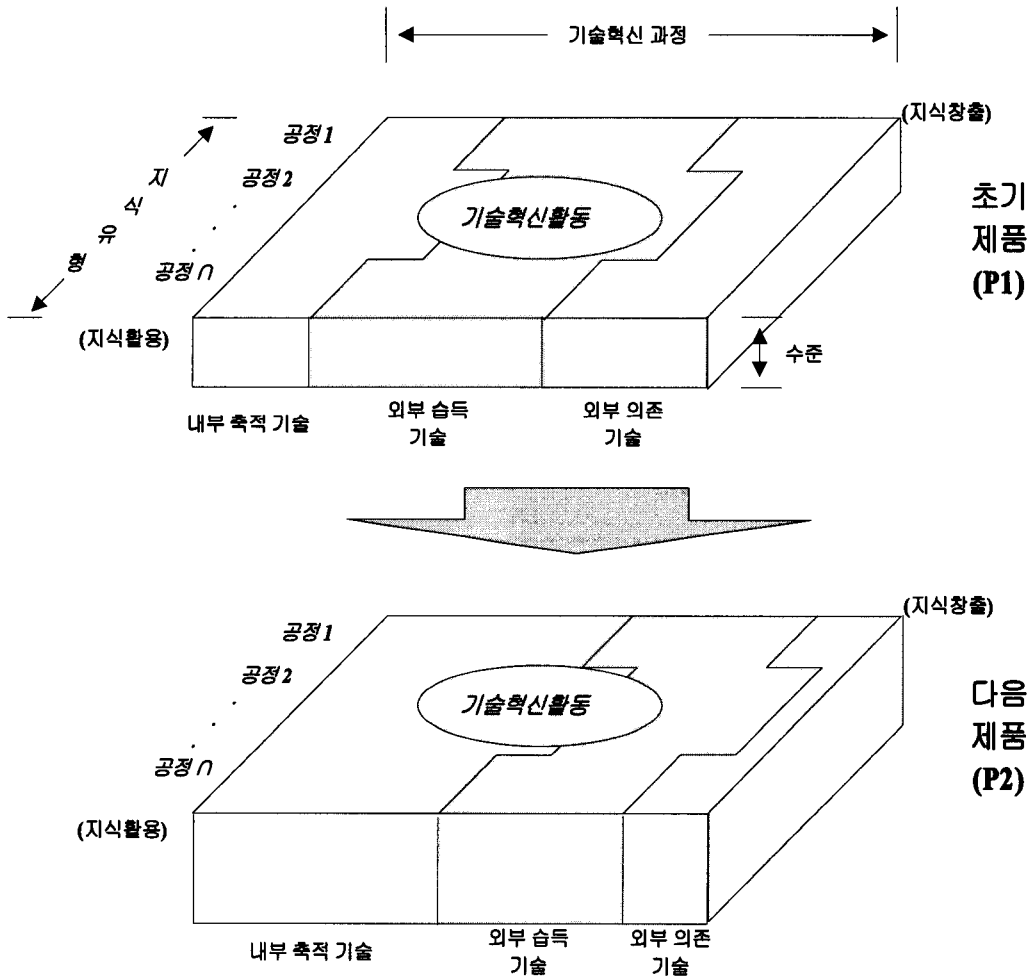
또, 이들 3가지 요소의 모든 부분을 확보하는 것이 성공적인 기술혁신에 매우 중요하지만, 이들 모든 요소들을 병행적 그리고 동시에 다룰 수 있는 능력, 바꾸어 말하면 매우 복합적인 관련요소 모두를 결합하여 목표점에 도달하게 하는 통합능력이 이에 못지 않게 중요하며, 이를 모형에 투영할 수 있어야 한다. 나아가 끊임없이 변화하는 환경을 스스로 헤쳐나갈 수 있는 동태적인 진화능력이 성공적인 기술혁신으로 이끈다는 점이 모형에 반영되어야 한다.

또한 새로운 모형은 비정형성, 불확실성 등 기술혁신활동의 다양한 양상들을 수용할 수 있어야 한다. 비정형성은 외부기술을 활용함에 있어 특정부분의 기본원리(know-why)에 대한 완전한 이해와 습득을 생략한 채 그 부분을 통째로 활용하는, 바꾸어 말하면 압축형 연구개발이 가능함을 의미한다. 또 불확실성은 설령 기술혁신의 경로나 내용이 명료하게 알려져 있다 해도, 이를 실제로 시행하는 기업의 입장에서는 모든 것을 사전에 완전히 파악하거나 습득하지 못한 채 출발하게 되며, 기술개발 과정에서 관련 기술지식을 계속 확보하고 보완해 나가는 매우 유동적인(fuzzy) 상황이 기술혁신활동에서 빈번히 발생할 수 있음을 의미한다. 따라서 새로운 모형은 비정형성, 불확실성 등 실제 기술혁신활동의 다양한 양상을 반영해야 한다.

이러한 관점에서 제안하는 ‘동태적결합모형’의 개념은 다음 그림과 같다. 첫째, 그림에서 보는 바와 같이 기업 차원의 기술혁신활동은 내부 축적기술, 외부 습득기술, 외부 의존기술 3가지를 함께 그리고 동시에 포괄한다. 둘째, 기술혁신활동의 모습은 ‘조각그림 맞추기(jigsaw puzzle)’를 행하는 것처럼, 이를 시행함에 있어 무수한 탐색과 시행착오를 거치면서 목표로 하는 그림을 완성해 가는 매우 복잡적이고 유동적이며 동태적인 과정이다. 셋째, 이들 각 부분

1) 본 논문에서 사용한 ‘외부습득’ 혹은 ‘외부의존’ 기술의 개념은 1990년대 이래 내부기술/기능의 대체 경로로 활용되어온 ‘아웃소싱’ 개념과 차별성과 동시에 유사성을 지닌다. 아웃소싱은 우선 기술획득을 목적으로 시행되기 보다는 조직의 역량을 고객사가 상대적 우위를 점한 기능과 활동에 집중하기 위하여 실시되는 경우가 많다(Lacity and Willcocks, 1998). 따라서, 아웃소싱된 기능과 기술이 현재 고객사가 가진 핵심기능들과 어떻게 합치될 수 있는가의 문제는 대체로 ‘기능적 통합’ 차원의 문제로 인식된다. 반면에 본 논문에서 다루어지는 ‘외부습득’ 기술은 그 자체가 현재 가지고 있는 기반기술과 완전히 통합되고 시너지 효과를 발휘하여 다음 세대의 기술개발에 핵심적 역할을 수행한다는 면에서 ‘동태적’ 통합을 의미하며, 외부에서 반입된 기술이 ‘기반기술화’되는 과정을 설명하는 개념이다.

의 기술을 확보하는 것도 중요하지만, 이들 전체 요소를 하나로 결집시켜 성공적인 생산으로 완결하는 통합능력이 이에 못지 않게 중요하다. 그리고, 이 통합능력에는 기술적인 요소와 비 기술적인 요소 모두를 포함하며, 비기술적인 요소로는 자원동원능력 등을 들 수 있다. 넷째, 이들 3가지의 구성비는 초기제품에서 다음 제품으로 이행할 때 그 비중이 달라지며, 이는 기술수준이 누적적으로 변모, 향상됨을 의미한다.



<‘동태적결합모형’의 개념도>

이상에서 언급한 모형은 새로운 기술혁신모형의 기본구조를 명료하게 설명하기 위해 매우 단순화시킨 개념적 모형이다. 하지만 기술혁신활동을 실제적으로 분석하기 위한 실증적 모형은 다양한 요소와 복잡한 구조로 이루어진 복잡계(complexity) 모형이 될 것이다.

다른 한편, 이러한 ‘동태적결합모형’은 두 가지 유형으로 나뉘어질 수 있다. 그 하나는 그림 전체의 모양을 사전에 충분히 파악하고 출발하는 보다 정형화된 형태이다. 한국의 기술혁신 사례는 이 경우가 대부분이었다. 이러한 유형의 추격형 기술개발에 있어서는 3개의 요소 중 내부축적기술 측면이 성공적 기술혁신에 중요하다. 다른 하나는 사전에 그림의 일부 또는 상당 부분을 파악하고 있으나, 전체의 모습을 완전하게 파악하지 못한 채 출발하는 형태이다. 이 유형에서는 기술혁신에 필요한 제반 요소가 선진국처럼 충분히 갖추어져 있지 않기 때문에, 외부습득 및 외부의존기술 측면의 역할이 중요하다. 또, 향후 한국이 선진국에 접근할수록, 이 유형의 비율이 증가하게 될 것이다.

4. 사례분석

앞에서 제안된 새로운 기술혁신모형의 적용 가능성을 탐색하기 위해 DRAM, TFT-LCD, CDMA 3개의 기술개발과제를 대상으로 사례분석을 수행한다. 이들 기술집약적 제품은 오늘날 한국경제를 견인하는 주력 수출상품으로, 한국기업들은 이들 제품에 도전한지 불과 10년 이내의 짧은 기간에 후발자의 위치에서 세계 선두주자로 부상하는 괄목할만한 성과를 이룩했다. 이하에서는 이들 사례에서 한국기업이 어떻게 내부 축적기술, 외부 습득기술, 외부 의존기술을 효과적으로 결합하여, 단기간에 세계적 경쟁력을 갖출 수 있게 되었는가를 규명하는데 초점을 맞추어, 새로운 모형이 한국의 기술혁신활동을 분석·설명하는데 얼마나 유용한가를 살펴보고자 한다.

4.1. DRAM

DRAM은 한국의 첨단제품을 상징하는 대표적인 기술혁신 성공사례이다. 무엇보다도 이 제품에 도전한지 10여년만에 세계적인 기술력을 보유한 선두주자로 발돋움하였다. 이 과정에서 후발주자인 한국이 첨단분야인 DRAM에 진입하기 위해서는 매우 큰 기술적 도약을 필요로 했다. 이러한 기술적 과제를 해결하기 위해 초기부터 앞에서 언급한 내부 축적기술, 외부 습득기술, 외부 의존기술의 3가지 측면 모두에 초점을 기울여 왔으며, 아울러 통합능력에서 두드러진 역량을 발휘하였다.

예를 들어 삼성은 초기에는 외부 습득기술 측면에 초점을 맞추어, 외부로부터 유입된 기술에 대한 강도높은 기술습득 노력과 이를 실제 생산에 적용하기 위한 기술개발활동을 전개하였다. 삼성은 초기에 미국의 Micron Technology와 Zytex, 그리고 일본의 샤프로부터 최초의

양산제품인 64K DRAM의 설계와 공정기술을 도입하였다. 그러나 기술도입 그 자체에 머물지 않고, 이와 병행하여 이들 기업에의 기술인력 파견, 한국계 미국 과학기술자의 고용, 내부 기술학습 등을 통해 외부 도입기술의 자체 내재화를 위한 엄청난 노력을 경주하였다.

이러한 유입기술에 대한 각고의 내재화 노력의 결과, 외부 습득기술 측면의 역할과 비중은 뒤이은 다음 세대 제품들에서 크게 축소되었다. 예컨대 삼성은 64K DRAM의 경우 설계기술과 공정기술 모두를 도입하였지만, 256K DRAM에서는 설계기술만 도입하고 공정기술은 자체개발하였다. 또 1M DRAM에서는 설계기술마저 자체개발에 성공함으로써, 자생적인 기술혁신 능력을 확보할 수 있었다. 또 이러한 내부 축적기술 역량의 급속한 신장은 다음 세대 제품의 개발에서 내부 축적기술 측면의 역할 증대로 이어졌다. 특히 국내기업의 기술력이 세계 수준에 접근하고, 신제품 개발을 위한 기술도입 대상이나 참고해야 할 기술이 없어짐에 따라, 4M DRAM 이후부터는 설계에서 제조, 조립에 이르는 전과정을 독자개발하지 않으면 안되었다. 이러한 급속히 향상된 자생적 기술혁신 능력을 바탕으로, 4M DRAM 이후 64M DRAM, 256M DRAM, 1G DRAM 부터는 선진국에 앞서 신제품 개발과 상용화를 완료함으로써 세계 선두주자로 발돋움할 수 있었다. 특히, 4G DRAM에서는 초미세 가공기술을 세계 최초로 개발함으로써, 독자적인 신기술을 창출하는 단계로 발전하였다.

한편 이러한 자생적 기술혁신 능력이 단기간내에 구축될 수 있었던 데에는 그 이전에 쌓아온 사전기반(초기단계에서의 내부 축적기술)이 중요한 밑바탕이 되었다. 국내기업은 DRAM에의 본격적 진입 이전에 이미 상당수준의 암묵적 지식기반을 보유하고 있었다. 특히 삼성은 '70년대 중반 한국반도체의 인수 이후 반도체 생산 및 설계와 관련된 기술과 경험을 꾸준히 축적해 왔으며, 소규모이긴 하지만 가전용 집적반도체(LSI)를 생산하였다. 또한 국내기업은 가전제품을 생산하면서, DRAM 경쟁력의 핵심요소이자 한국이 강점을 갖는 표준화된 제품에 대한 대량생산기술과 노하우를 축적하였다. 이러한 사전에 축적된 기술과 지식은 DRAM 조립기술을 큰 어려움없이 습득하고 자체 기술혁신 능력을 조기에 구축하는데 중요한 기반이 되었다.

또한 외부 의존기술 측면에서 외부기술과 자원을 지속적으로 의존하고, 적극적으로 활용하는 체제를 유지하는 특징을 보여 주었다. 특히 장비·재료부문은 국내에 거의 존재하지 않았고, 또 단기간내에 국내조달로 대체될 가능성이 낮았기 때문에 안정적인 해외조달의 실현에 초점을 맞추었다. 이러한 장비의 외부조달과 관련하여, 특히 삼성은 세계 최고 성능의 장비를 확보하는 전략을 택함으로써, 초기부터 높은 수율과 우수한 품질의 제품을 생산할 수 있었다. 나아가 삼성의 기술능력이 향상됨에 따라 장비 공급회사와의 관계도 크게 변화하여, 삼성 자신에 적합한 장비를 스스로 요구하고, 공동으로 협의하여 장비를 개발하는 단계로까지 발전하였다.

다른 한편 한국이 DRAM에서 세계 선두주자로 나설 수 있었던 데에는 내부 축적기술, 외

부 습득기술, 외부 의존기술 측면의 3자를 효과적으로 활용하고 결합하는 통합능력이 매우 중요한 역할을 하였다. 비록 DRAM에 대한 시장이 확립되어 있고 기술경로가 비교적 명료하다 해도, 이에 도전하여 성공으로 이끌기까지는 엄청난 불확실성과 위험, 도전이 수반되었다. 특히 DRAM 생산은 수 백개의 공정이 요구되고 공정 자체도 매우 복잡하였을 뿐 아니라, 동태적 학습효과가 중요함으로 인해 양산체제의 조기확립을 통한 신속한 제품생산이 사업성패를 좌우하기 때문에, 이들 제반 내외부 기술자원을 결집하는 최고경영진의 경영통합능력이 매우 중요하였다. 이러한 경영통합능력의 예로는 국내외 최우수 인력의 유치 및 동원, 제품개발과 상용화 시기를 단축하기 위한 병렬적 개발시스템, 생산에 초점을 둔 기술관리, 유관부서간 연계 및 결집 등을 들 수 있으며, 이러한 강점이 국내기업이 단기간에 세계적 경쟁력을 확보하는데 핵심적인 역할을 했다.

4.2. TFT LCD

TFT LCD는 후발자로 진입하여 단기간에 세계정상에 오름으로써, DRAM에 뒤이어 제2의 성공신화를 창출한 기술혁신 사례이다. 삼성과 LG는 '93년 대량생산을 위한 투자에 본격 착수한 이후 불과 6년만에 20년 이상 세계시장을 지배해온 일본을 제치고 세계 1, 2위로 도약하였다.

이처럼 국내기업이 단기간에 선두주자로 부상할 수 있었던 데에는 축적된 사전기반(초기의 내부 축적기술)이 중요한 역할을 하였다. 특히 TFT LCD 생산기술은 여러 면에서 DRAM과 매우 유사한 성격을 지니고 있다는 점에서, 양자간에 기술적 경로의존성이 존재하였다. 즉 TFT LCD와 DRAM은 모두 클린룸, 사진 석판기술(photolithography), 첨단 검사기술 등이 요구되며, 유사한 사업기반과 기술을 보유한 기업이 진입할 때 상대적으로 유리한 특성이 있었다. 뿐만 아니라 TFT LCD와 DRAM간에는 품질관리, 특허공유, 마케팅채널 활용, 장비업체에 대한 협상력 등에서 공유가 가능하기 때문에 상당한 시너지를 창출할 수 있었다. 결국 세계 정상급 메모리업체인 국내기업은 기존 반도체 양산라인에서 축적한 노하우와 기술 등의 사전기반을 최대한 활용하여 TFT LCD에서 단기간에 세계적 경쟁력을 확보할 수 있었다. 또한 국내기업들은 가전, 브라운관 등을 생산하면서 TFT LCD 사업에 필요한 수직계열화된 연관사업 기반을 이미 상당부분 구축한 점도 선두주자로 도약하는데 중요한 밑거름이 되었다. 특히 TFT LCD 사업에 참여한 삼성과 LG는 세계적인 가전 및 브라운관 제조업체로, 계열사 내의 사업부문들이 TFT LCD 생산에 필요한 모듈기술, 액정기술, Glass기술 등을 축적할 수 있었을 뿐 아니라, 핵심부품인 컬러필터, 드라이버 칩 등을 자체개발, 확보할 수 있는 사전기반을 구축하였다.

또한 이러한 내부에 사전 축적한 기술, 지식, 자원은 TFT LCD 생산과 운용에 필요한 기술을 외부로부터 도입·습득하는 시간, 즉 외부 습득기술 측면에서의 시간을 급속히 단축시키는데 중요한 밑거름이 되었다. 당시 일본기업들은 DRAM에 이어 TFT LCD에서도 한국이 강력한 경쟁자로 부상할 것으로 우려하여 핵심기술의 이전을 꺼려했지만, 국내기업들은 미국의 Optical Imaging Systems, Alphasil 등으로부터 도입한 기술을 바탕으로 자체 기술혁신 능력을 급속히 축적하였다. 나아가 국내기업은 Alps Electric, Photon Dynamics 등 외국기업과 활발한 공동 연구개발을 통해 '90년대 중반에 이미 외국기업과 핵심기술을 공유, 교환하는 단계에 이를 정도로, 상당한 기술능력을 축적하였다. 예컨대 삼성은 '95년 일본의 후지쓰와 특허공유 협약을 체결하였는데, 이 협약에서 삼성은 고개구율기술(high-aperture-ratio technology)을 제공하는 대가로 광시야각기술(wide-viewing-angle technology)을 확보하였다. 특히 삼성이 보유한 고개구율기술은 제품의 선명도를 높이고 전력소비를 낮추는 핵심기술로서, 한국의 기술혁신 능력이 불과 몇 년만에 이미 상당한 수준에 이르렀음을 알 수 있다.

다른 한편 제조장비 등의 외부자원을 활용하는 노력, 즉 외부 의존기술 측면도 병행하여 추진되었다. 특히 국내기업은 일본기업이 앞서 구축해 놓은 설비업체를 활용하여 제조장비를 도입하고 생산라인을 설치함으로써 후발자의 이익을 극대화할 수 있었다. 더욱이 TFT LCD는 고도의 대규모 장치산업으로, 국내기업은 이미 효율적으로 생산을 영위하고 있는 일본으로부터 제조장비를 도입함으로써, 초기의 수출 확보와 생산설비의 안정적 조기 가동을 꾀할 수 있었다.

아울러 TFT LCD는 DRAM과 마찬가지로, 동태적 학습효과가 존재하여 양산체제의 조기 확립을 통한 신속한 제품생산이 긴요하였기 때문에, 내외부 기술자원을 결집하는 경영통합능력이 매우 중요하였다. 특히 TFT LCD는 화면 크기의 급속한 대형화로 세대간 제품교체가 급속히 일어나고, 또 경쟁도 매우 치열하여 차별화된 기술우위 제품의 지속적인 개발이 요구되었기 때문에, 이러한 통합능력은 사업 성공에 더욱 긴요하였다. TFT LCD 개발에서 발휘된 통합능력의 예로는 가용자원의 집중을 통한 대규모 신규 투자재원의 적기 조달, 기업그룹 내 전방산업(PC, 모니터 등)과 후방산업(유리기판, 컬러필터 등)의 긴밀한 연계를 통한 신제품 양산체제의 조기 확립, 엄격한 품질관리를 통한 고난도 생산기술의 신속한 확보 등을 들 수 있다. 결국 국내기업은 내부 축적기술, 외부 습득기술, 그리고 외부 의존기술을 효율적으로 활용하고, 내외부 자원을 결집하는 통합능력 면에서 강점을 발휘함으로써 단기간에 세계 선두 주자로 나설 수 있었다.

4.3. CDMA

CDMA는 DRAM, TFT LCD에 이어 기술집약적 제품에서 세계적인 경쟁력을 갖추는데 성공한 기술혁신 사례이다. 한국은 연구개발에 본격 착수한지 불과 5년만에 세계 최초로 CDMA 방식의 이동통신시스템의 상용화에 성공함으로써, 세계 최대의 수출국으로 부상할 수 있는 전기를 마련하였다. 특히 CDMA는 선진국에서 실용화되지 않은 원천기술을 바탕으로 세계 최초로 상용화를 이룩했다는데 각별한 의미가 있다.

CDMA 개발은 '91년 미국의 쉘컴과 한국의 전자통신연구소(이하 ETRI라 칭함)가 공동기술개발 협약을 체결하면서 본격화되었다. 이 협약은 쉘컴이 전체적인 설계를 제시하고, ETRI는 이를 기반으로 이동통신시스템을 개발하는 것이 목표였다. 그러나 협약 체결 이후 '93년 초까지 본격적인 기술개발이 이루어지지 못했다. 그 이유는 쉘컴이 비록 CDMA 원천기술을 보유하고 있지만, 벤처기업으로 이동통신시스템을 개발·상용화한 경험이 없었고, 또 전체 시스템에서 중요한 역할을 하는 이동전화 교환기관련 기술을 가지고 있지 못했기 때문이다. 이로 인해 쉘컴이 제시한 전체 시스템에 대한 설계는 일관성이 결여되었고 또 불명확하였다.

이와같이 기술개발이 담보되는 상태에서 정부는 '93년 중반 디지털 이동전화의 국가표준을 CDMA 단일방식으로 정하는 한편, 신규 제2이동전화사업자는 국산 CDMA 장비로 서비스를 하게 하며, 이를 위해 상용화 개발시기를 당초 보다 2년 앞당긴다는 정책적 결정을 내리면서, 기술개발 추진체제 전반에 걸쳐 일대 전환이 이루어졌다. 특히 ETRI로서는 개발기간이 크게 단축되는 상황에서 쉘컴이 완전한 설계를 제시할 때까지 기다릴 수만은 없었다. 이에 따라 ETRI는 자체 개발방식으로 전환한다는 방침을 세우고, 쉘컴으로부터 설계와 관련된 도면을 전부 입수하는 한편, 독자설계의 상용시스템 개발에 착수하였다. 즉, ETRI는 쉘컴으로부터 도입한 원천기술과 설계도(외부 습득기술)를 토대로, 자신의 통제 하에 독자적으로 시스템을 개발하기 시작하였다.

한편 기술개발 일정의 단축은 ETRI 연구진에게 외부 습득기술의 자체 내재화를 위한 엄청난 강도의 기술개발 노력을 촉발하였다. CDMA 개발은 당시 선진국에서 조차 실용화 가능성에 대해 불명료하고, 기술적으로도 검증되지 않은 원천기술의 상용화를 추진한 것으로, DRAM이나 TFT LCD와는 다른 형태의 불확실성과 비정형성이 크게 내재되어 있었다. 하지만, ETRI 입장에서는 막대한 정부자금과 인력을 투입하고도 정부가 설정한 기한내에 상용제품을 개발하지 못한다면 그 존립에 심각한 타격을 입을 수 밖에 없었다. 이에 따라 CDMA 개발사업에 최우선적으로 자원을 배분하는 한편, 소장이 직접 주단위로 기술개발 상황을 보고 받으면서 연구진을 독려하였으며, 연구진 역시 기술개발에 실패하면 CDMA 개발팀뿐 아니라 연구소 전체가 위태롭게 될 것이라는 위기감 속에서 밤을 세워가며 기술개발에 몰두하였다.

또한 상용화 시기의 단축은 CDMA 공동개발업체로 선정된 삼성, LG 등 참여기업들에게도 엄청난 기술학습과 자체개발을 촉진하는 요인이 되었다. 예정된 기간내에 상용제품을 개발·납품하지 못하여 외국의 장비가 통신망으로 일단 설치되면, 산업의 특성상 국산제품으로의 대체가 극히 어려워 막대한 경영상의 손실을 감수해야 했기 때문이다. 이러한 상황에서 개발될 시스템의 구체적인 명세와 공동의 설계규칙이 마련되자, 참여업체의 연구원들은 1일 3교대로 밤낮없이 상용제품의 개발에 몰두하였다. 이와같은 ETRI와 참여업체들의 기술개발이 가속적으로 추진되면서 '95년에 상용제품의 개발과 배치가 완료되고, '96년 1월부터 세계 최초로 CDMA 방식의 이동전화서비스가 이루어지게 되었다.

한편 이러한 독자설계에 기반한 상용시스템의 개발이 단기간에 가능했던 것은 TDX 개발을 통해 획득한 기술관리 능력과 시스템개발 능력, 그리고 교환기관련 기술자원 등 사전기반(초기의 내부 축적기술)이 중요한 밑거름이 되었다. 특히 ETRI가 국산 전자교환기인 TDX 개발을 성공적으로 이룩하면서 축적한 시스템개발 방법론과 연구관리 방식 등의 기술관리 능력은 CDMA 개발에 매우 유용한 지식과 노하우를 제공하였다. 또한 TDX 개발을 통해 획득한 교환기기술은 비록 제어개념, 운영체계 등에서 이동전화시스템과 큰 차이가 있었지만, 여러 면에서 CDMA 개발에서 필요로 하는 지식과 유사한 특성을 지니고 있었으며, 또 그 연속 선상에 있었다. 뿐만 아니라 참여업체 역시 대부분 과거 TDX 개발사업에 참여하면서 상당 수준의 생산 및 상용화 능력을 확보하고 있었던 점도 CDMA 개발에 성공할 수 있었던 중요한 요인이 되었다.

다른 한편 사전 축적된 기술관리 능력과 기술지식을 토대로 CDMA의 상용화를 위한 각고의 자체 연구개발활동과 함께, 핵심부품 등 외부자원을 활용하는 노력, 즉 외부 의존기술 측면도 병행되었다. 특히 개발기간의 대폭 단축으로 압축적 기술개발이 추진될 수 밖에 없고, 또 국내 부품산업 기반이 취약한 상황에서 핵심부품의 해외조달과 활용은 조기 상용화를 위해 불가피한 선택이라 할 수 있다. 이와 함께 ETRI와 참여기업을 포괄하는 보다 큰 범위에서 이루어진 내외부 기술자원의 통합능력이 세계 최초로 CDMA의 상용화에 성공할 수 있었던 중요한 밑바탕이 되었음은 물론이다. 이중에서도, ETRI와 참여기업간의 기술성과 경제성을 둘러싼 갈등의 조정, 시스템 공급자(삼성, LG 등 제조사업자)와 사용자(SK 등 운영사업자)간에 운용현장의 상용 시현과정에서 이루어진 긴밀한 연계·협력 등은 시장성 있는 상용시제품의 조기 개발에 있어서는 물론, 개발된 시스템의 버그 및 결함을 공동으로 규명하고 해결방안을 함께 모색하는데 중요한 역할을 함으로써, CDMA의 상용화 개발을 가속화하는데 크게 기여하였다.

5. 사례분석 결과의 함의

이상의 3개 사례를 통해 한국에서의 기술혁신 연구에 중요한 의미를 갖는 함의를 얻을 수 있다. 물론 이 글에서 제안한 ‘동태적결합모형’은 기술혁신 과정을 설명하는 일반적인 모형일 수도 있으므로, 그 자체를 한국 고유의 모형이라고 하기는 어렵다. 그럼에도 불구하고, 이러한 틀로 한국의 주요 기술혁신 사례를 분석할 때 나타나는 몇 가지 공통적 특징을 발견할 수 있다.

첫째, 국내기업이 DRAM, TFT LCD, CDMA 등 기술집약적 제품에서 단기간에 세계 선두주자로 도약할 수 있었던 것은 내부 축적기술, 외부 습득기술, 그리고 외부 의존기술 3자 모두에 초점을 두어 이를 적극적으로 확보하고 효과적으로 활용하려는 노력을 경주하였기 때문이었다. 특히 이들 제반요소를 효율적으로 결집하는 통합능력을 발휘함으로써 선진기술의 내재화 과정을 급속히 단축하고, 핵심기술의 형성을 가속화하였으며, 성공적인 기술혁신을 이룰 수 있었다.

둘째, 국내기업은 초기부터 기술 및 제품개발 기간을 압축하기 위하여, 시간경쟁력 확보(time management)에 각고의 노력을 기울였다. 특히 DRAM과 TFT LCD에서는 양산체제의 조기 확립과 신속한 제품생산이 성패를 좌우하였기 때문에, 후발주자인 한국기업은 엄격한 일정관리하에 제품과 기술의 조기 개발을 위해 엄청난 노력을 기울였으며, 이것이 선진국을 추격하는 중요한 밑거름이 되었다. 또한 CDMA 역시 사전에 설정된 기한내에 상용화를 완료하지 못할 경우 매우 큰 유·무형적 손실을 감수해야만 했으므로, 철저한 시간관리하에 제품개발을 가속화함으로써, 세계 최초의 상용화 개발에 성공할 수 있었다.

셋째, 이들 3개 제품 모두 기술혁신활동을 효율적으로 추진하기 위해 개방형(outsourcing) 방식을 채택하였다. 특히 후발주자로서 선두기업을 추격하기 위해 국내외를 막론하고 최상의 인력, 장비, 자원을 동원하였다. 이러한 개방형 기술혁신체제는 국내기업이 단기간에 안정적인 생산체제를 갖추고 세계적 경쟁력을 확보하는데 중요한 역할을 하였다. 물론 이들 3개 제품이 공통적으로 외국 장비·재료, 또는 핵심부품의 해외의존도가 높다는 점은 앞으로 해결해야 할 과제로 지적될 수 있지만, 국내기반이 취약한 상황에서 조기 진입을 위한 불가피한 선택이자 효과적인 전략이었다고 할 수 있다.

6. 요약 및 결론

이 글에서는 근래 한국에서 일어나고 있는 기술혁신의 양상을 보다 적합하게 분석하기 위해서는 새로운 시각과 접근법, 그리고 분석의 틀이 필요하며, '동태적결합모형'의 관점에서 3개의 기술혁신 사례를 분석하였다. 그 결과 기존 모형으로는 한국이 이룩한 급속한 기술혁신 과정의 동태적이고도 복잡한 양상을 설명하는 데에는 한계가 있으며, 새로운 모형의 발굴이 요구됨을 알 수 있었다. 또 이 글에서 하나의 대안으로 제안한 모형의 유용성과 적용 가능성도 확인할 수 있었다.

특히 한국 기업의 기술혁신 과정이 도입→소화→개량→창출이라는 단선적으로 주어진 경로를 밟기보다는, 오히려 사전에 축적된 내부 축적기술을 토대로 외부 습득기술과 외부 의존기술을 동시에 효율적으로 통합함으로써, 기술혁신 과정을 압축하고 가속화하게 되며, 그 결과 단기간내에 세계 수준의 능력을 확보할 수 있었다는 것이 더욱 타당함을 알 수 있다. 또한 기존 모형에서 암묵적으로 전제하듯이, 기술도입으로부터 자력에 의한 기술혁신 능력 창출까지의 일련의 단계가 자동적으로 이루어지기 보다는, 오히려 실제 기술혁신 과정은 유동적이고 불확실한 상태에서 복합적인 제반 요소들이 관련되고 또 함께 다루어야 하는 일련의 진화과정이며, 이에 효과적으로 대처하는 진화관리 능력을 확보하는 것이 중요함을 시사하고 있다.

또한 이 글에서 제안한 모형은 향후 한국에서 대두될 사례들을 분석하는 데에도 유용할 것으로 예상된다. CDMA 기술혁신 사례가 그 한 예로, 선진국에서 실용화 가능성에 대해 회의적인 상황에서, 또 사전에 전체시스템의 모습을 완전하게 파악하지 못한 채, 기술적 불확실성이 높은 원천기술을 토대로 상용화에 성공하였는 바, 이 과정을 설명함에 있어 본 모형이 유용함을 확인하였다. 향후 한국의 기술수준이 선진국에 접근할수록 이러한 유형의 기술혁신활동이 증가할 것이며, 이들을 분석함에 있어 본 모형이 활용될 수 있을 것이다.

그러나 이 글에서 제시한 모형이 보다 널리 활용되기 위해서는 여러 과제가 보완되어야 한다. 이 중에서도 분석대상을 보다 확대할 필요가 있다. 예컨대 자동차, 철강, 조선 등 세계 일류의 상품을 생산, 수출할 수 있는 기술력을 확보한 제품이 좋은 분석대상이 될 것이다. 또한 이 글에서 다룬 사례연구에 있어 기술도입으로부터 자생적 기술혁신 창출로 이어지는 동태적 변화과정에 대한 보다 심층적인 연구가 필요하다. 특히 시간의 경과에 따라 내부 축적기술, 외부 습득기술, 외부 의존기술의 상대적 비중과 역할이 어떻게 변화하고, 또 어떤 계기를 통해 질적 도약이 이루어지는가에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 한다. 그리고 한국 기술혁신 사례의 특징이 과연 선진국 사례들과 차별화되는 것인가 혹은 유사한 것인가를 밝히기 위한

한국과 선진국간의 비교연구도 의미있는 후속 연구과제가 될 것이다.

〈참고문헌〉

- 김건 (1997), “자동차산업의 기술능력 발전”, 이근 외 「한국산업의 기술능력과 경쟁력」, 경문사.
- 김창욱 (1998), “한국 반도체산업의 현 위상과 과제”, 「동향과 전망」, 한국사회과학연구소.
- 박승주 (1981), 「한국공작기계산업의 기술개발에 미친 영향요인 분석」, 한국과학기술원 석사학위논문.
- 박우희 (1980), “한국에 있어서의 수입기술의 흡수와 확산에 관한 실증분석: 석유화학공업 사례”, 「경제논집」, 서울대 경제연구소.
- 배무기 (1980), “기술의 도입, 수용 및 확산: 한국 나일론산업의 사례연구”, 「경제논집」, 서울대 경제연구소.
- 변병문 (1991), 「한국 반도체 및 관련 기업의 생산전략 연구: 산업분할에 의거한 상황적 접근」, 한국과학기술원 박사학위논문.
- 변형운 (1980), “한국철강공업의 기술축적: 포항제철을 중심으로”, 「경제논집」, 제19권 2호.
- 송성수 (2000), 「포항제철의 기술능력 발전과정에 관한 고찰」, STEPI 연구보고.
- 송위진 (1999), 「기술선택의 정치과정과 기술학습: CDMA 이동통신 기술개발 사례연구」, 고려대학교 박사학위논문.
- 송위진·이근·임채성 (2004), “디지털 전환기의 후발국 기술추격 패턴 분석: 디지털 TV 사례”, 「기술혁신연구」 제12권 제3호.
- 윤석철 (1985), “기계공업의 생산관리 사례연구”, 「경영사례연구」, 서울대 경영연구소.
- 이공래 (2000), “메카트로닉스산업의 PC 융합 촉진을 위한 기술정책 방향”, 「기술혁신학회지」, 제3권 제2호.
- 이정훈·이진주 (1992), “한국통신산업의 기술발전과정과 기술혁신전략: 전자교환기 개발사례를 중심으로”, 「Telecommunication Review」, Vol. 2 No. 11.
- 이공래 (2000), “메카트로닉스산업의 PC 융합 촉진을 위한 기술정책 방향”, 「기술혁신학회지」, 제3권 제2호.
- 장성원·양백 (1999), 「제2의 반도체 신화: TFT LCD의 성공」, 삼성경제연구소.
- 조형제·김창욱 편 (1997), 「한국 반도체 산업: 세계기술을 선도한다」, 현대경제사회연구원.
- 최영락 (1991), 「반도체기술발전을 위한 자체기술능력 축적에 관한 연구 - 기억소자를 중심으로」,

- STEPI 정책연구.
- 하준경 (2004), 「R&D와 경제성장: 논쟁과 우리나라에 대한 시사점」, 한국은행.
- 황혜란 (2000), 「한국 반도체/컴퓨터산업의 혁신체제의 진화과정 및 개선방안」, STEPI 정책 연구.
- 현영석 (1996), “자동차산업 신제품개발관리”, 「한국생산관리학회지」, 한국생산관리학회.
- Choi, Youngrak (1996), *Dynamic Techno-Management Capability: The Case of Samsung Semiconductor Sector in Korea*, Avebury.
- Chung, J., Hwang, H., Choi J., and Rim, M. (2000), “Transition of Latecomer Firms from Technology Users to Technology Generators: Korean Semiconductor Firms”, *World Development*, Vol. 28 No. 5.
- Eisenhardt, K. (1989), “Building Theories from Case Study Research”, *Academy of Management Review*, Vol 14 No. 4.
- Linden, G., Hart, J., and Lenway, S. (1997), “Advanced Displays in Korea and Taiwan”, *BRIE Working Paper*.
- Kim, Linsu (1980), “Stages of Development of Industrial Technology in a Developing Country: A Model”, *Research Policy* 9.
- Kim, Linsu (1997), *Imitation to Innovation*, Harvard University Press.
- Kline, S. and Rosenberg, N. (1986), “An Overview of Innovation”, *The Positive Sum Strategy*, National Academy Press.
- Hobday, M., Howard Rush and John Bessant (2004), “Approaching the innovation frontier in Korea: the Transition Phase to Leadership”, *Research Policy*.
- Imai, K., Nonaka, I., and Takeuchi, H. (1985), “Managing the New Product Development Process: How Japanese Companies Learn and Unlearn”, *The Uneasy Alliance*, Harvard Business School Press.
- Lee, Jinjoo, Bae, Z., and Choi, D. (1988), “Technology Development Process: A Model for a Developing Country with a Global Perspective”, *Research Management* 18.
- Goddard, J. (2004), “Science/Industry Partnerships and Regional Development”, *International Conference for Innovation and Regional Development: Transition towards a Knowledge-Based Economy*, Florence, Italy.
- Lacity, M.C., and Willcocks, L.P. (1998) “An Empirical Investigation of Information Technology Sourcing Practices: Lessons From Experience”, *MIS Quarterly* (22:3).