

기획: 1960년대 이후 한국 과학기술사 조망

한국의 기술발전 과정에 나타난 특징 분석: 포스코와 삼성 반도체를 중심으로*

송성수 (부산대학교)

1. 서론

한국의 자본주의는 1960년대 이후 압축적인 산업화를 통해 지속적인 성장을 경험해 왔다. 그 동안 한국의 산업화에 대한 논의는 국가, 대기업, 노동력의 역할과 관련된 주제에 초점을 맞추어 전개되어 왔다. 한국의 산업화는 국가의 강력한 개입을 바탕으로 추진되었고, 재벌을 비롯한 대기업 중심의 성장을 수반했으며, 저렴한 노동력과 이에 대한 강력한 통제에 입각하고 있었다는 것이다.¹⁾ 이러한 논의들은 한국의 산업화 과정과 그 특징을 이해하는 데 많은 공헌을 했지만, 한국의 산업화가 상당한 기술발전을 동반해 왔다는 점에 대해서는 본격적으로 주목하지 않았다.

한국의 산업화에서 기술의 역할에 대한 연구들은 주로 기술종속론의 시각을 바탕으로 시작되었다고 볼 수 있다.²⁾ 기술종속이란 한 사회에서 필요한

투고 2012년 3월 8일, 심사 및 게재확정 2012년 4월 16일.

* 이 논문은 2011년도 부산대학교 인문사회연구기금에 의해 연구되었음.

- 1) 예를 들어 김형기, 『한국의 독점자본과 임노동: 연속독점자본주의하 임노동의 이론과 현상분석』 (까치, 1988); Alice H. Amsden, *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization* (New York: Oxford University Press, 1989); Ha-Joon Chang, *The Political Economy of Industrial Policy* (New York: St. Martins Press, 1994)를 참조.
- 2) 기술종속론의 주요 논점과 한국에 대한 적용에 대해서는 Frances Stewart ed., *Technology and Underdevelopment*, 2nd ed. (London: Macmillan, 1978); 김환석, “제3세계의 기술종속과 한국의 상황”, 강만길·김진균 외, 『한국사회연구 1』 (한길사, 1983), 299-337쪽; 김영호, “한국의 경제성장과 기술이전”, 김영호 외, 『한국경제의 분석』 (서문당, 1989), 277-294쪽을 참조.

기술의 공급을 외부에 의존하며 이를 대체할 수 있는 기술혁신체제가 내부에 결여되어 있는 상태를 의미한다. 기술종속의 결과로는 기술도입 비용이 증가한다는 점, 주요 의사결정에 대한 통제력이 상실된다는 점, 도입된 기술이 국내의 산업적 상황에 적합하지 않다는 점, 과학기술의 발전을 위한 국내 활동이 억압된다는 점 등이 거론되고 있다. 이러한 현상이 후발공업국에 존재해 왔다는 것은 부인할 수 없는 사실이지만 문제는 기술종속이 과도기적인 현상이 아니라 구조적으로 재생산되는 성격을 가진다고 단정된다는 점에서 찾을 수 있다.

한국의 주요 산업별 기술발전 과정에 대한 연구는 1980년대에 들어서 몇몇 개인이나 집단을 중심으로 추진되기 시작하였다. 서울대 경제연구소의 연구진은 1980년에 나일론, 철강, 석유화학 산업에 대한 사례연구를 수행했으며,³⁾ 그것을 바탕으로 박우희는 주요 산업의 기술발전 과정에 대한 사례를 종합하였다.⁴⁾ 또한 김인수는 1980년경부터 한국의 기술발전 과정에 대한 이론과 사례를 지속적으로 연구하면서 1997년에 그 동안의 연구성과를 체계적으로 종합했으며,⁵⁾ 이진주를 비롯한 한국과학기술원 경영과학과의 연구진은 주요 산업에 대한 분석을 바탕으로 한국의 기술발전 과정에 대한 이론적 일반화를 시도하였다.⁶⁾

3) 배무기, “기술의 도입, 수용 및 확산: 한국 나일론산업의 일사례연구”, 『경제논집』 19권 1호 (1980), 40-56쪽; 변형윤, “한국 철강공업의 기술축적: 포항제철을 중심으로”, 『경제논집』 19권 2호 (1980), 124-136쪽; 박우희, “한국에 있어서의 수입기술의 흡수와 확산에 관한 실증분석: 석유화학공업 사례”, 『경제논집』 19권 2호 (1980), 194-225쪽.

4) John L. Enos and W. H. Park, *The Adoption and Diffusion of Imported Technology: The Case of Korea* (London: Croom Helm, 1988); 朴宇熙, 『韓國の技術發展』 (東京: 文眞堂, 1989); 박우희·배용호, 『한국의 기술발전』 (경문사, 1996).

5) 1980-98년에 김인수가 발표한 주요 논문은 Linsu Kim, *Learning and Innovation in Economic Development: New Horizons in the Economics of Innovation* (Cheltenham and Northampton: Edward Elgar, 1999)에 수록되어 있으며, 1997년의 저작은 Linsu Kim, *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning* (Boston, MA: Harvard Business School Press, 1997)이다. 김인수의 제자들의 모임인 인문회(仁門會)는 『지식과 학습, 그리고 혁신』 (시그마인사이트, 2004)을 출간했는데, 이 책에는 제약산업, 반도체장비산업, 자동차산업 등에 대한 사례연구가 포함되어 있다.

6) 이진주·최동규, 『산업별 기술혁신과정과 정책과제』 (한국경제연구원, 1986); 배종태, “개발도상국의 기술내재화과정: 기술선택요인 및 학습성과 분석” (한국과학기술원 박사학위논문, 1987); 현영석, “한국자동차산업 기술발전에 관한 실증분석: 1962-1986” (한국과학기술원 박사학위논문, 1988); Jinjoo Lee, Zongtae Bae and Dongkyu Choi, “Technology

1990년을 전후해서는 외국으로부터의 기술도입과 국내의 기술개발활동이 상호보완적인 관계에 있다는 점에 주목하면서 한국의 기술발전 과정에 대한 사례를 심도 있게 규명하려는 시도가 본격화되기 시작하였다.⁷⁾ 특히, 서울대를 중심으로 자동차산업, 반도체산업, 화학섬유산업 등에 대한 사례연구가 본격적으로 등장하기 시작했으며,⁸⁾ 그것은 1997년에 기술과 진화의 경제학 연구회가 주요 산업의 기술발전 과정에 대한 연구를 종합하는 것으로 이어졌다.⁹⁾ 또한 과학기술정책연구원(STEPI)과 관련된 연구자들도 한국의 기술발전에 지속적인 관심을 기울여 왔으며, 그러한 과정에서 반도체산업, 공작기계산업, 이동통신산업, 철강산업 등에 대한 사례연구가 이루어졌다.¹⁰⁾

이와 같은 사례연구와 함께 개발도상국 혹은 한국의 기술발전 단계를 규명하는 작업도 병행되었다. 김인수는 기술수명주기론을 바탕으로 후발국의

Development Process: A Model for a Developing Countries with a Global Perspective,” *R&D Management* 18:3 (1988), pp. 235-250.

7) 예를 들어 정일용은 한국의 기술도입에 대한 체계적 분석을 통해 기술도입과 경제성장이 구조적으로 공존해 왔다는 점에 주목하였고, 김우식은 거시적 통계지표를 활용하여 기술도입이 국내 연구개발 노력을 저해하지 않았다는 점을 강조했으며, 김환석은 신슈페터주의자들(Neo-Schumpeterians)의 기술혁신론을 바탕으로 한국의 경제성장과 기술발전의 상호관계를 시론적으로 연구하였다. 정일용, “한국 기술도입의 구조적 특성에 관한 연구: 종속적 축적과의 관련성 고찰을 중심으로” (서울대학교 박사학위논문, 1989); 김우식, “한국의 외국 기술도입과 국내 기술능력의 관계”, 한국사회사연구회 편, 『현대 한국의 생산력과 과학기술: 한국사회사연구회 논문집 제22집』 (문학과 지성사, 1990), 311-365쪽; 김환석, “기술혁신의 관점에서 본 한국 자본주의의 발전”, 한국사회사연구회 편, 『현대 한국의 생산력과 과학기술: 한국사회사연구회 논문집 제22집』, 11-65쪽.

8) 김건, “1980년대 한국의 기술능력 발전과정에 관한 연구: ‘기업내 혁신체제’의 발전을 중심으로” (서울대학교 박사학위논문, 1994); 배용호, “한국 반도체산업의 기술흡수와 연구개발: 삼성전자(주)의 사례연구” (서울대학교 박사학위논문, 1995); 이상철, “한국 화학섬유산업의 전개과정(1961~1979): 산업정책의 일연구” (서울대학교 박사학위논문, 1997).

9) 기술과 진화의 경제학 연구회 편, 『한국산업의 기술능력과 경쟁력』 (경문사, 1997). 이 책의 후속편에 해당하는 것으로는 기술과 진화의 경제학 연구회 편, 『지식정보혁명과 한국의 신산업』 (이슈투데이, 2001)이 있다.

10) Youngrak Choi, *Dynamic Techno-Management Capability: The Case of Samsung Semiconductor Sector in Korea* (Aldershot, UK: Avebury, 1996); Kong Rae-Lee, *The Source of Capital Goods Innovation: The Role of User Firms in Japan and Korea* (Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 1998); 송위진, “기술선택의 정치과정과 기술확산: CDMA 이동통신 기술개발 사례연구” (고려대학교 박사학위논문, 1999); 송성수, “한국 철강산업의 기술능력 발전과정: 1960~1990년대의 포항제철” (서울대학교 박사학위논문, 2002).

기술혁신은 선진국과는 반대의 순서로 이루어진다고 주장하면서 한국의 기술발전 단계를 획득기(acquisition), 소화기(absorption), 개선기(improvement)로 구분하였다.¹¹⁾ 이진주 등은 기술, 기업, 산업, 국가, 세계 등의 다차원적 시각에서 도입기술의 수준, 기술획득의 방법, 기술습득의 내용, 기술활동의 성격 등을 고려하여 개발도상국의 기술발전 과정을 도입(introduction), 내재화(internalization), 창출(creation)의 세 단계로 규정하였다.¹²⁾ 이어 김인수는 후발국의 범세계적 기술환경, 제도적 환경, 기업의 동태적 학습과정, 기술이전 등을 감안하여 기존의 획득, 소화, 개선에 이어 창출의 단계를 포함시키기 시작하였고,¹³⁾ 1999년에는 그 동안의 연구성과를 종합하면서 기술체제, 흡수능력, 기술이전, 위기조성, 동태적 학습을 고려하여 한국의 기술발전 단계를 복제적 모방(duplicative imitation), 창조적 모방(creative imitation), 혁신(innovation)으로 재구성하였다.¹⁴⁾ 또한 이근과 임채성은 세계시장 점유율, 기술체제의 성격, 상대적인 추격의 정도 등을 감안하여 우리나라 주요 산업의 기술발전 유형을 경로추종형 추격(path-following catch-up), 단계생략형 추격(stage-skipping catch-up), 경로개척형 추격(path-creating catch-up)으로 범주화하였다.¹⁵⁾

이상과 같은 연구성과들이 지속적으로 등장하면서 기술종속론은 기술능력발전론으로 대체되었다. 기술능력(technological capabilities)이란 기술을 획득하고 소화·사용·변화·창출하는 데 필요한 다양한 지식과 숙련을 포괄하는 용어로서 생산과정에서 습득한 현장경험과 학습효과, 투자에 필요한 지식과 숙련, 제품설계 및 공정기술의 향상에 필요한 변용능력, 새로운 기술을 창출하는 데 필요한 지식 등으로 구성된다.¹⁶⁾ 기술능력이란 개념은 후발공업국에서 수행되는 기술활동의 원천을 포괄적으로 고려하고 있어 후발공업국의 산업성장과 기술발전의 과정을 분석하는 데 상당한 적합성을 가지고 있다. 새로운

11) Linsu Kim, "Stages of Development of Industrial Technology in a Developing Country: A Model," *Research Policy* 9:3 (1980), pp. 254-277.

12) Jinjoo Lee, et al., "Technology Development Process."

13) Linsu Kim, *Imitation to Innovation*, pp. 85-103.

14) Linsu Kim, "Building Technological Capability for Industrialization: Analytical Frameworks and Korea's Experience," *Industrial and Corporate Change* 8:1 (1999), pp. 111-136.

15) Keun Lee and Chaisung Lim, "Technological Regimes, Catching-up and Leapfrogging: Findings from the Korean Industries," *Research Policy* 30:3 (2001), pp. 459-483.

16) OECD, 이근 외 역, 『과학과 기술의 경제학』 (경문사, 1995), 432-433쪽.

기술의 창출뿐만 아니라 기존 기술의 변형을 중시하고 있으며 이러한 기술혁신의 전제조건으로 작용하는 생산 및 투자와 관련된 활동에도 주목하고 있는 것이다. 사실상 후발공업국의 기술발전은 선진국의 기술을 도입하여 그것을 습득하면서 내부적인 여건에 적합한 형태로 변형시키는 가운데 점차적으로 자체적인 연구개발활동을 통해 기술개발을 본격적으로 추진하는 과정을 경험해 왔다. 이러한 점을 고려함으로써 우리는 기술수준의 향상이 도입기술의 단순한 이식을 통해서가 아니라 기술도입 측의 적극적인 기술적 노력을 매개로 이루어지며 그 과정에서 도입기술을 소화흡수하는 것은 물론 선진국에 대한 추격 혹은 추월이 가능하다는 점을 포착할 수 있다.

이처럼 기술능력의 발전이라는 시각에 입각하여 한국의 기술활동에 대한 분석이 지속적으로 전개되어 왔지만, 한국의 기술이 어떤 특징을 보이면서 발전해 왔는가 하는 것은 앞으로도 많은 연구가 수행되어야 할 주제라 할 수 있다. 특히, 이전에는 주요 산업의 기술발전 과정을 분석한 후 성공요인을 도출하거나 몇몇 단계나 유형을 제안하여 한국의 기술발전 과정을 설명하려는 시도가 많이 이루어졌던 반면, 이제는 한국의 기술발전 과정의 기저에 흐르고 있는 모습과 특성을 심층적으로 분석하고 이를 통해 한국의 기술발전이 보여주는 접근법이나 방식을 개념적으로 정립하려는 시도가 필요하다.

이러한 문제의식을 바탕으로 이 논문에서는 한국 산업의 기술발전 과정에서 나타난 특징을 주제로 삼아 이에 관한 일반화된 논의를 진척시켜 보고자 한다. 한국의 주요 산업이 밟아온 기술발전의 과정은 어떤 특징을 보이고 있는가, 한국의 기술발전 과정은 주요 산업별로 어떤 공통점과 차이점을 가지고 있는가, 한국의 기술발전 과정은 선진국과 어떤 측면에서 구별되는가 등이 이 논문에서 탐구하고자 하는 주된 연구질문에 해당한다. 이를 위하여 이 논문에서는 필자가 연구한 경험이 있는 포스코와 삼성 반도체를 중심으로 한국의 기술발전 과정에서 나타난 주요 특징을 다음과 같이 종합하고자 한다.¹⁷⁾ 그것은 ①지속적인 대규모 투자, ②해외연수를 통한 기술습득, ③기술

17) 포스코의 전신은 포항종합제철주식회사이다. 1968년에 공기업으로 창립된 포항종합제철은 2000년에 완전히 민영화된 후 2002년에 포스코로 이름을 바꾸었다. 삼성그룹에서 반도체 부문을 담당해 온 기업은 한국반도체(1974~1978년), 삼성반도체(1978~1980년), 삼성전자(1980~1982년), 한국전자통신(1982년), 삼성반도체통신(1982~1988년), 삼성전자(1988년 이후)의 순으로 변천해 왔다. 이 논문에서는 해당 기업의 명칭을 편의상 ‘포스코’와 ‘삼성’으로 칭하기로 한다.

영역의 단계별 확대, ④첨단기술의 신속한 채택, ⑤병렬적 개발시스템의 활용, ⑥새로운 기술경로의 개척 등으로 정리할 수 있다.

2. 지속적인 대규모 투자

철강과 반도체를 비롯한 우리나라의 주력 산업은 지속적인 대규모 투자를 통해 빠른 속도로 성장할 수 있었다. 포항제철소 건설사업은 1기(1970~1973년), 2기(1973~1976년), 3기(1976~1978년), 4기(1979~1981년), 4기 2차(1981~1983년)에 걸쳐 지속적으로 추진되었으며, 이를 통해 포스코는 연간 생산능력이 910만 톤에 이르는 대형 철강업체로 성장했다. 광양제철소 건설사업은 1기(1985~1987년), 2기(1986~1988년), 3기(1988~1990년), 4기(1991~1992년)에 걸쳐 추진되었으며, 이를 배경으로 포스코는 연간 2,080만 톤의 생산능력을 갖추으로써 1990~1992년에 세계 3위의 철강업체로 부상하였다. 포항제철소 건설자금은 2조1,772억 원, 광양제철소 건설자금은 6조7,618억 원으로 집계되고 있는데,¹⁸⁾ 이와 같은 대규모 투자는 당시의 세계 철강업체에서 찾아보기 어려운 것이었다.

삼성의 경우에도 비슷한 이야기를 할 수 있다. 1987~1992년에 반도체사업부의 매출 대비 투자액 비율은 39.8%로서 세계 반도체산업의 평균인 20.5%의 거의 두 배에 달했다. 삼성이 반도체에 본격적으로 진출했던 1980년대 전반에는 더욱 과감한 투자가 이루어졌으며, 1980년대 전체적으로는 매출 대비 투자액 비율이 50%를 넘어섰던 것으로 알려져 있다. 문제를 D램 부분에 국한해 보면, 1988~1991년에 삼성의 연평균 D램 투자액은 3억9,600만 달러로 추정된다. 이것은 같은 기간에 일본에서 가장 투자를 많이 했던 도시바의 2.3배에 해당하며 도시바, NEC, 히타치, 후지쓰 등 일본 4대 기업 평균 투자액의 2.8배에 달한다.¹⁹⁾

이와 같은 대규모 투자는 기술능력을 빠른 속도로 발전시킬 수 있는 원천

18) 포스코, 『포스코 35년사』 (경문사, 2004), 508쪽. 이와 관련하여 1970년 4월에 착공되어 1973년 7월에 완공되었던 포항제철소 1기 사업에는 총 1,203억원이 소요되었는데, 그것은 1968년 4월부터 1970년 7월까지 전개되었던 경부고속도로 건설사업에 소요된 비용인 428억원의 약 2.8배에 해당하였다.

19) 신장섭·장성원, 『삼성 반도체 세계 일등 비결의 해부』 (삼성경제연구소, 2006), 37-38쪽.

으로 작용하였다. 대규모 투자를 한 후 신규 설비를 가동하면 각종 기술적 문제가 발생하고 그것을 해결하기 위해 수많은 기술적 노력을 하게 되기 때문이다. 이와 함께 대규모 설비를 최대한 활용하기 위해서는 여러 가지 대안을 찾아야 하며 이러한 필요에 의해 연구개발에 대한 투자도 증가하게 된다. 로젠버그(Nathan Rosenberg)가 적절히 지적했듯이, 이러한 현상은 기술적 불균형을 해소하기 위해 기술혁신이 가속화되는 과정으로 풀이할 수 있다.²⁰⁾ 기술이 이미 확보되어 있어서 투자를 늘렸다기보다는 투자를 대폭 늘린 후 그로 인해 발생하는 설비와 기술 사이의 불균형을 해소해 나가는 과정에서 기술혁신이 빠른 속도로 이루어졌던 것이다. 이것은 이미 어느 정도의 기술수준을 구비한 상태에서 신규 설비에 투자하는 선진국과 다른 점이라고 할 수 있다. 한국의 경우에는 일단 대규모 투자를 한 후에 적절한 생존 방안을 찾는 과정에서 기술능력이 발전하는 모습을 보였던 것이다.

이와 같은 대규모 투자가 현실화되는 데에는 상당한 우여곡절이 수반되었다. 예를 들어, 한국의 종합제철사업은 일찍부터 거론되어 왔지만 그것이 현실화되기까지는 10년이 넘는 세월이 필요했다. 한국의 종합제철사업계획은 1958~1969년의 11년 동안 7차례에 걸쳐 변화하였다. 그것은 문서상의 계획 단계, 일회성 계약의 단계, 협상을 통해 계약을 발전시킨 단계, 실제 사업으로 현실화된 단계를 경험해 왔다. 제1~2공화국의 종합제철사업계획은 문서상의 계획으로 그쳤고, 경제개발 5개년 계획이 추진되기 시작했던 1962년부터 실제적인 계약의 단계에 진입했으며, 대한국제제철차관단(Korea International Steel Associates, KISA)과의 계약은 예비협정, 기본협정, 추가협정의 세 차례에 걸쳐 이루어졌고, 결국 일본과의 협상을 통해 대일청구권자금을 전용함으로써 종합제철사업이 현실화될 수 있었던 것이다.²¹⁾

포스코의 제철소 건설사업은 대부분 국가사업의 일환으로 추진되었지만, 삼성의 경우에는 주로 내부 자금을 활용하여 반도체 사업에 투자하였다. 특히 삼성 반도체가 1987년까지 상당한 적자를 기록했음에도 불구하고 지속적인 투자를 할 수 있었던 배경으로는 최고경영진이 굳건한 의지를 가졌다

20) Nathan Rosenberg, *Perspectives on Technology* (Cambridge: Cambridge University Press, 1976), p. 113.

21) 이에 대한 자세한 분석은 송성수, “한국 종합제철사업계획의 변천과정, 1958~1969”, 『한국과학사학회지』 24권 1호 (2002), 3-39쪽을 참조.

는 점과 제일모직이나 삼성물산과 같은 다른 계열사의 자금을 활용할 수 있었다는 점을 들 수 있다. 이와 관련하여 삼성의 자본축적에 대해 연구한 김인영은 “연구기술인력의 훈련을 위한 정부의 보조를 제외하고는 정부의 지원이 반도체산업 발전에 중요한 역할을 했다는 흔적을 발견하기 힘들다”고 평가하고 있지만,²²⁾ 삼성의 반도체 공장을 건설하거나 운영하는 데 필요한 도로나 용수와 같은 사회간접자본은 상당 부분 정부의 지원에 의해 구축되었다고 볼 수 있다. 또한 1986~1999년에 있었던 일이지만, 정부는 초고집적반도체기술공동개발사업, 차세대반도체기반기술개발사업, 주문형반도체 기술개발사업 등 국가공동연구개발사업을 통해 약 2,476억원을 지원한 바 있다.²³⁾

이와 함께 포스코가 정부의 파격적인 지원을 바탕으로 국내 철강산업을 독점해 왔지만 그렇다고 해서 보수적인 성장 전략을 취하거나 지대추구행위(rent-seeking behavior)를 도모하지는 않았다는 점에도 주목해야 한다. 그것은 포스코가 1973년부터 지속적으로 흑자를 창출하면서 이익금을 사내에 유보시켜 제철소 확장사업에 투자해 왔다는 점에서 잘 드러난다. 이와 관련하여 박태준은 서갑경과의 인터뷰에서 “박대통령의 후원과 보호가 있었기에 포항제철은 경영상의 자율권을 가지고 장기전략, 인사정책, 각종 계약 등을 외부간섭 없이 처리할 수 있었다”고 인정하면서도, “정부가 많은 지원을 통해 포항제철과 같은 기업을 육성할 수도 있겠지만 대부분의 경우 관료주의에 물든 평범한 기업에 그치고 맙니다”고 지적함으로써 정부의 지원 못지않게 포스코의 효율적인 운영이 중요했다는 점을 강조한 바 있다.²⁴⁾

22) 김인영, 『한국의 경제성장: 국가주도론과 기업주도론』 (자유기업센터, 1998), 177-178쪽.

23) 송성수, “삼성 반도체 부문의 성장과 기술능력의 발전”, 『한국과학사학회지』 20권 2호 (1998), 183-184쪽.

24) K. K. Seo, 윤동진 옮김, 『최고기준을 고집하라: 철강왕, 박태준의 경영이야기』 (한국언론자료간행회, 1997), 351-352쪽. 포스코의 사례는 공기업의 성격에 대한 논의로 이어질 수 있는데, Hafsi와 Thomas는 공기업이 기본적으로 정부에 의존적인 성장패턴을 가지고 있지만 그것의 구체적인 성격은 기업의 성장 단계, 정부의 개입 강도, 기업 내부의 역학 관계에 따라 달라질 수 있다는 점을 강조하고 있다. 즉 정부와 공기업이 형성하는 관계에는 협동적(cooperative) 유형, 적대적(adversarial) 유형, 자율적(autonomous) 유형이 있으며, 자율적 유형의 공기업은 민간기업과 다를 바 없는 행위양식을 보인다는 것이다. Taieb Hafsi and Howard Thomas, “Understanding Strategic Decision Processes in State-owned Enterprises,” John McGee and Howard Thomas, eds., *Strategic Management Research: A European Perspective* (New York: John Wiley & Sons, 1986),

3. 해외연수에서 시작된 기술습득

포스코는 대규모 투자를 통해 철강산업에 진입했지만 일관제철소를 운영하는 데 필요한 지식기반을 갖추지 못하고 있었다. 이러한 사정은 인천제철(현재의 현대제철)과 동국제강을 비롯한 기존의 철강업체의 경우에도 마찬가지였다. 당시에 국내 철강업계에서 축적된 기술은 특정한 공정에서 소규모 설비를 가동하는 데 국한되어 있었던 것이다. 이러한 배경에서 포스코는 대규모 일관제철소를 운영하는 데 필요한 기술을 외국에 의존할 수밖에 없었다. 포스코가 제철소 운영에 필요한 기술을 습득했던 가장 중요한 원천은 해외연수였다. 그것은 “공장의 성공적인 건설이나 정상 조업이 가능했던 것은 무엇보다도 해외 위탁교육의 결과라고 할 수 있다”는 기록에서 단적으로 드러난다.²⁵⁾

삼성의 경우에도 D램에 대한 대규모 투자를 감당할 만한 기술능력을 보유하고 있지 못했다. 물론 삼성은 1974년에 반도체산업에 진출한 후 전자손목시계와 컬러텔레비전에 사용되는 반도체를 국산화하는 작업을 추진한 바 있다.²⁶⁾ 그러나 당시에 개발되었던 반도체는 트랜지스터와 집적회로로서 D램과 같은 VLSI(Very Large Scale Integration)에는 그대로 적용될 수 없었다. 이러한 배경에서 삼성은 선진국의 반도체업체에서 근무하고 있었던 한국계 과학기술자들을 영입한 후 그들을 중심으로 미국 산호세에 현지법인을 설립하여 첨단반도체 기술에 도전하기 시작하였다. 그러나 소수의 전문인력만으로는 D램을 개발하고 생산하기에는 역부족이었기 때문에 삼성의 경우에도 해외 기업을 통한 기술연수가 필수적이었다.

포스코는 해외연수 후보자를 2배수로 선정한 후 준비교육 결과에 따라 절반을 탈락시킴으로써 해외연수 대상자들을 엄선하였다. 그들은 해외연수로 파견되기에 앞서 3~6개월에 걸쳐 다양한 준비교육을 받았다. 준비교육의 내용에는 일상회화 및 철강용어에 대한 외국어 교육, 철강산업에 대한 기초지식, 외국에서의 교육방법 및 태도, 외국의 역사 및 지리에 대한 상식, 해당 분

pp. 219-243을 참조.

25) 포항제철, 『포항제철 7년사: 일관제철소 건설기록』 (1975), 526쪽.

26) 우리나라 초창기의 반도체산업에 대해서는 송성수, “삼성 반도체 부문의 성장과 기술 능력의 발전”, 158-163쪽; 윤정로, “한국의 반도체 산업, 1965-1987”, 『과학기술과 한국 사회』 (문학과 지성사, 2000), 124-156쪽을 참조.

야의 전문지식이 포함되어 있었다. 더 나아가 포스코는 해외연수요원이 연수 기관으로 출발하기 전에 “현재 자신이 맡은 일이 회사와 국가를 위해서 얼마나 중요한 일인지”에 대하여 정신교육을 실시하였고, “연수기관과의 계약사항인 커리큘럼이나 일정표에 구애받지 말고 맨투맨 작전으로 상대방의 기술을 빠짐없이 배워 오라”고 주문하면서 “연수자 중에서 성적이 불량한 사람들에게 대해서는 강력하게 조치를 취할 것”이라는 경고도 서슴지 않았다.²⁷⁾

삼성의 준비교육도 이와 비슷한 성격을 띠고 있었다. 삼성은 유능한 신입 사원을 중심으로 기술연수팀을 구성하고, 이들에 대해 6개월 동안의 철저한 준비교육을 시켰다. 삼성은 각자가 맡은 부분의 목표를 명확하게 설정하고 기본적인 기술훈련을 실시하는 것은 물론 외국어 회화와 국제 에티켓에 대한 교육도 진행하였다. 더 나아가 삼성은 기술연수팀 구성원들에게 현재 자기가 맡은 일이 얼마나 중요한 일인지에 대하여 철저한 정신무장을 시켰다. 당시에 삼성은 64K D램에 대한 각오와 팀워크를 다지는 특별훈련으로 ‘64km 행군’을 실시하기도 했다. 저녁을 먹은 후 무박 2일 동안 실시된 그 행군은 산을 넘고 공동묘지를 지나면서 갖가지 과제를 수행하는 훈련이었다.



그림 1. 64K D램 개발에 앞서 진행되었던 ‘64킬로미터 행군’의 모습

27) 송성수, “포항제철 초창기의 기술습득”, 『한국과학사학회지』 28권 2호 (2006), 334-335쪽.

행군 도중에 꺼낸 도시락에는 D램 개발에 성공해야 하는 이유를 담은 편지 한 통이 있었던 것으로 전해진다.²⁸⁾ 이처럼 기술연수를 위한 준비교육에 정 신무장에 대한 내용이 포함되어 있었던 것은 다분히 한국적 특수성이 반영 된 것으로 판단된다.

해외연수의 실제적인 내용에서는 포스코와 삼성이 상당한 차이를 보였다. 포스코의 경우에는 일본의 대표적인 철강업체인 신일본제철(新日本製鐵)과 일본강관(日本鋼管)이 일본기술단(Japan Group, JG)을 결성하여 기술을 전 수하는 데 적극적인 자세를 보였다. 포스코 초창기에 해외연수를 받았던 사 람들의 회고에 따르면, “일본 철강업체의 거두들이 친히 와서 명강의를 했 고”, “일본 사람들 특유의 치밀함과 친절”을 보였으며, “연수생이 요구하는 자료는 거의 제공하였다.”²⁹⁾ 이처럼 일본이 포스코의 해외연수에 호의적이 었던 데에는 지속적인 포항제철소 건설사업으로 상당한 경제적 이익을 얻을 수 있었다는 점이 가장 중요한 원인으로 작용하였다.³⁰⁾ 이와 함께 포스코가 일본을 따라오지 못할 것이라는 심리적 우월감도 있었던 것으로 판단된다.

이에 반해 삼성의 경우에는 해외연수를 통한 기술습득이 쉽지 않았다. 삼 성은 당시에 D램 산업을 주도하고 있었던 미국과 일본의 선진업체들에 접 근했으나 그들은 모두 기술이전에 인색한 자세를 보였다. 우여곡절 끝에 선 택된 기업은 미국의 벤처기업인 마이크론 테크놀로지(Micron Technology) 와 일본의 중견기업인 샤프(Sharp)였다. 그 중에서 삼성은 마이크론에서 기 술연수를 받았지만, 삼성의 기술연수팀은 마이크론에서 별로 환영받지 못했 다. 이와 관련하여 삼성전자 40년사 편찬팀은 관계자들과의 인터뷰를 바탕 으로 “마이크론에서 공정 엔지니어 2명만 출입을 허용하는 바람에 설계 담 당 엔지니어는 설계실 근처에도 못 가보는 수모를 당해야만 했다”고 기록하 고 있다.³¹⁾

28) 최윤호, “64km로 시작된 반도체 신화”, 김대용 외, 『미래를 설계하는 반도체』 (사이언 스북스, 2000), 108-110쪽.

29) 송성수, “포항제철 초창기의 기술습득”, 335-336쪽.

30) 송성수, “한국 종합제철사업계획의 변천과정, 1958~1969”, 31-33쪽.

31) 삼성전자, “64K D램 개발: 선진 한국으로 가는 길을 열다!”, 『삼성전자 40년: 도전과 창조의 유산』 (2010), 29쪽. 해외연수의 어려움과 그것의 효과는 별개의 문제라고 할 수 있다. 이와 관련하여 같은 자료, 29-30쪽은 삼성이 64K D램의 생산공정을 개발하기 위 해 수많은 시행착오를 겪고 있을 때 “다행히 마이크론으로 기술연수를 갔던 이승규 부장 이 개발팀에 합류함에 따라 공정개발이 활기를 띠기 시작했다”고 서술하고 있다.

이처럼 포스코와 삼성의 해외연수 내용에 차이가 있었던 것은 기본적으로 해당 기술의 성격이 달랐기 때문이라고 볼 수 있다. 당시에 포스코가 해외연수를 통해 획득했던 기술은 대부분 공장조업에 관한 것으로서 선진국에서는 이미 표준화된 성숙기술에 해당하였다. 반면 D램 분야의 경우에는 미국과 일본 등 극소수의 선진국만이 참여하고 있었고 기업 간의 경쟁이 매우 치열하였다. 마이크로닉이 기술이전에 적극적인 자세를 보이지 않았던 것도 차후에 삼성이 경쟁 기업으로 성장할 가능성이 컸기 때문이라고 풀이할 수 있다.

이와 관련하여 변형운은 포스코의 기술도입이 설비운영이나 조업기술과 같은 저급기술에 한정되었다고 지적하면서 “설비에 체화(體化)된 기술과 관련된 비밀을 캐지 않는 한 기술이전은 진정한 기술이전이 아니라 생산지점의 이전에 불과하다”고 주장하였다.³²⁾ 그것은 포스코가 초창기의 해외연수를 통해 습득했던 기술의 특성을 명확히 하고 있지만 설비체화기술의 성격을 충분히 고려하지 않고 있다. 설비체화기술은 제철소를 실제로 가동하면서 점진적으로 축적되는 기술에 해당하기 때문에 기술이전을 통해 설비체화기술을 습득하는 것은 거의 불가능하며 실제로 포스코가 일본에게 설비체화기술에 대한 이전을 요구하지도 않았다.

다른 각도에서 보면, 철강산업의 경우에는 실제적인 설비가동을 통하지 않고서는 조업기술을 축적할 수 없으며, 특히 1970년대 초반에는 생산공정이 충분히 전산화되지 않은 상태였기 때문에 현장훈련은 더욱 중요한 의미를 가지고 있었다. 더구나 일관제철소를 가동시켜 본 경험이 없었던 당시 한국의 입장에서는 대규모 제철설비에 대한 조업기술이 첨단기술에 해당하는 것이었다고 해석할 수 있다. 이러한 점에 비추어 볼 때 일본의 포스코에 대한 기술이전이 성숙기술을 주요 대상으로 삼고 있었다는 사실을 근거로 기술협력의 의미를 축소하는 것은 부당한 평가로 판단된다.³³⁾ 따라서 선진국을 기준으로 삼아 한국의 기술혁신활동을 재단하는 것에는 무리가 따르며, 한국이 선진국과 다른 기술경로를 밟아왔다고 해석하는 것이 무난할 것이다.

이러한 차이에도 불구하고 포스코와 삼성의 해외연수팀은 모두 교육훈련에 능동적인 자세를 보였다. 포스코의 해외연수원들은 교육내용을 자세히

32) 변형운, “한국 철강공업의 기술축적: 포항제철을 중심으로”, 128-129쪽.

33) 일본과 포스코의 기술협력에 대한 보다 자세한 분석은 송성수, “포항제철 초창기의 기술습득”, 339-342쪽을 참조.

기록하면서 강사들에게 끊임없이 질문을 제기했으며, 제철소 운영에 필요한 자료들을 수집하는 데 많은 노력을 기울였다. 이와 함께 현장실습만으로 충분치 않은 부분에 대해서는 JG의 담당 기술자들에게 개별적으로 접촉하는 방법을 통해 보충하였다.³⁴⁾ 삼성의 기술연수팀은 자신이 맡은 공정의 구조와 내역을 암기한 후 일과 후에 숙소에 모여 각자의 기억을 바탕으로 짜깁기를 하여 전체적인 그림을 만들었다. 또한 반도체 기술을 조기에 습득해야 한다는 일념으로 자료를 몰래 뒤지거나 개인적인 친분을 쌓는 방법을 통해 정보를 얻어내는 일도 마다하지 않았다.³⁵⁾ 이처럼 우리나라의 주요 기업이 해외연수를 통해 기술을 습득하는 데에는 공식적 교육훈련 이외에 비공식적 방법이 중요한 역할을 담당했던 것으로 판단된다.

4. 기술영역의 단계별 확대

모든 산업은 다양한 기술로 이루어져 있다. 철강산업의 주요 기술은 조업 기술, 공정기술, 제품기술 등으로 이루어져 있으며, 반도체산업의 기술체계는 조립기술, 웨이퍼가공기술, 설계기술 등으로 구분할 수 있다. 이와 같은 기술 중에서 포스코나 삼성과 같은 한국의 기업들은 단기간에 습득이 가능한 영역에 주력하면서 기술능력을 발전시켜 왔다. 다시 말해서 한국의 기업들은 진입장벽이 낮은 영역에서 시작한 후 점차적으로 난이도가 높은 영역에 도전하는 모습을 보였던 것이다.

포스코의 경우에는 조업기술, 공정기술, 제품기술의 순으로 기술능력을 발전시켜 왔다. 포스코에서 가장 빠른 속도로 발전되었던 기술은 조업기술이었다. 각 설비의 정상조업도 달성기간은 지속적으로 단축되어 세계 신기록을 잇달아 갱신했고, 1984~1998년에는 설비의 설계용량을 초과하여 제품

34) 이와 관련하여 포스코 초창기에 열연분야의 연수팀을 인솔했던 김종진은 “우리 기술진들은 일본 기술자들에게 술값이 엄청 들어갔을 정도로 수단방법을 가리지 않고 접근하였고 … 설계도만 보면 정신을 번쩍 차리고 주머니에 쑤셔 넣거나 눈에 담곤 하였다”고 회고한 바 있다. 이호, 『누가 새벽을 태우는가: 박태준 鐵의 이력서』(자유시대사, 1992), 239-240쪽.

35) 삼성전자, “64K D램 개발: 선진 한국으로 가는 길을 열다!”, 29쪽; 송성수, “삼성 반도체 부문의 성장과 기술능력의 발전”, 168쪽.

을 생산할 정도로 우수한 조업기술이 확보되었다. 포스코는 종합실수율, 에너지원단위, 제품 톤당 노동시간 등에서 1980년대 초반에 일본을 제외한 다른 선진국에 못지않은 생산성을 확보하였고, 1990년대 초반에는 일본과 대등한 세계 최고 수준의 생산성을 보였다. 이러한 조업기술의 발전을 바탕으로 포스코는 1980년대 중반 이후에 종합적인 가격경쟁력에서 세계 최고의 철강업체로 부상하였다.

공정혁신의 경우에 1970년대에는 설비의 간단한 개조, 조작법의 부분적 변경, 부분품의 추가적 설치가 도모되었으며, 1980년대 이후에는 노후 설비에 대한 합리화 작업과 최신에 설비의 대폭적 도입을 배경으로 주요 공정을 본격적으로 개선하는 작업이 이루어졌다. 1990년대 이후에는 차세대 혁신철강기술의 개발을 바탕으로 철강제조공정의 직결화가 도모되었고, 포스코의 독자적인 공정을 정립하기 위한 노력도 병행되었다.

포스코에서 가장 늦게 발전한 기술은 제품혁신에 관한 것이었다. 포스코는 1980년대 초반까지 고급강 생산에 필요한 요소기술과 국내수요가 확보되지 않아 보통강 중심의 생산구조를 가지고 있었다. 1980년대 중반 이후에는 품질관리 수준의 향상과 고급강 제조기술의 확보를 배경으로 제품경쟁력이 향상되긴 했지만 1992년을 기준으로 냉연제품의 기술수준과 고급강 생산비율은 일본의 3/4 정도에 불과하였다. 고급강의 개발은 1990년대에 집중적으로 추진되었으며 2000년을 전후하여 일본과 동등하거나 다소 열위에 해당하는 제품경쟁력이 확보되기 시작하였다.³⁶⁾

삼성의 경우에는 조립기술, 웨이퍼가공기술, 설계기술의 순서를 밟아왔다고 할 수 있다. 삼성은 1983년 5월부터 64K D램을 개발하는 작업에 착수하면서 선진국에 비해 크게 뒤떨어지지 않는 조립기술은 자체적으로 개발하는 한편, 국내에 전혀 확보되어 있지 않은 설계기술은 선진국으로부터 도입한다는 전략을 세웠다. 삼성은 마이크론에서 64K D램 칩을 제공받은 후 이를 재현하는 작업을 추진했는데, 그것은 완제품을 확보한 후 이를 분해하여 해석함으로써 기술을 익히는 방법으로서 흔히 ‘역행 엔지니어링(reverse engineering)’으로 불린다. 조립기술이 어느 정도 정립된 후에는 미국 현지법인을 중심으로 웨이퍼가공에 관한 기술을 개발하는 작업도 병행되었다. 이러한 과정에서

36) 이상의 논의는 송성수, “한국 철강산업의 기술능력 발전과정”, 145-154, 231-238, 273-283 쪽을 간단히 요약한 것이다.

제대로 된 생산조건을 확립하고 불량률의 원인을 밝히는 데는 수많은 시행착오가 반복되었지만, 결국 삼성은 착수 6개월만인 1983년 11월에 64K D램을 개발하는 데 성공할 수 있었다.

삼성은 1984년 3월에 256K D램의 개발에 착수하면서 기술도입과 자체개발을 병행하는 양면적 전략(dual strategy)을 채택하였다. 국내에서는 설계기술의 도입을 통하여 256K D램을 개발하는 한편, 미국 현지법인에서는 설계기술부터 독자적으로 개발하기로 했던 것이다. 국내 연구팀은 마이크론에서 설계기술을 도입하여 1984년 10월에 256K D램을 개발하는 데 성공하였고, 미국의 현지법인은 1985년 4월에 설계를 완료한 후 같은 해 9월에 양품(良品)을 확보하는 성과를 거두었다.³⁷⁾ 1M D램부터는 삼성이 처음부터 설계기술을 포함한 모든 기술을 독자적으로 확보하는 전략을 추구하였다. 특히 1M D램과 4M D램의 경우에는 기술경로에 대한 선택지가 제공되고 있었지만, 16M D램부터는 선행주자와 모범사례가 없는 상태에서 기술개발이 추진되었다.

이처럼 포스코와 삼성을 비롯한 한국의 기업들은 주로 생산기술을 먼저 확보한 후 다른 기술로 나아가는 식으로 기술능력을 발전시켜 왔다. 이러한 점은 제품혁신이 먼저 이루어진 후 공정혁신이 본격화되는 선진국과는 다른 특성에 해당하는 것으로 판단된다. 이와 관련하여 어터백(James M. Utterback)과 아버나시(William J. Abernathy)는 선진국에서의 기술혁신주기를 유동기(fluid phase), 과도기(transitional phase), 경화기(specific phase)로 구분한 후, 유동기에는 제품혁신이 다수를 이루게 되며, 지배적 설계(dominant design)가 채택되는 과도기에는 제품혁신보다는 공정혁신이 매우 활발해지고, 경화기에는 제품혁신이 거의 일어나지 않은 가운데 공정혁신도 점차 감소하는 경향을 보인다고 지적한 바 있다.³⁸⁾ 이에 반해 한국과 같은 후발국의 경우에는 기본적으로 선진국과 반대의 순서로 기술혁신이 이루어진다고 볼 수 있다. 즉 이

37) 이상에서 살펴본 64K D램과 256K D램의 개발과정은 이종구 편, 『삼성반도체통신 10년사』 (삼성반도체통신, 1987), 200-205, 257-260쪽; 송성수, “추격에서 선도로: 삼성 반도체의 기술발전 과정”, 『한국과학사학회지』 30권 2호 (2008), 524-526쪽을 참조.

38) James M. Utterback and William J. Abernathy, “A Dynamic Model of Process and Product Innovation,” *Omega* 3:6 (1975), pp. 639-656; William J. Abernathy and James M. Utterback, “Patterns of Industrial Innovation,” *Technology Review* 80:7 (1978), pp. 40-47.

미 표준화되어 있는 생산기술을 먼저 습득한 후에 공정혁신이나 제품혁신으로 나아가는 것이다.

5. 첨단기술의 신속한 채택

포스코와 삼성을 비롯한 한국의 주요 기업들은 첨단설비나 첨단기술을 신속하게 채택하는 모습을 보여 왔다. 포스코는 기술혁신추세에 적극적으로 대응하여 우수한 설비나 공법을 조기에 도입함으로써 기술능력이 급속히 발전할 수 있는 원천을 창출해 왔다. 철강산업은 대규모 장치산업의 특징을 지니고 있어 중요한 기술의 대부분이 설비에 체화되어 있다. 포스코는 포항제철소와 광양제철소를 건설하는 과정에서 가급적 최신의 설비를 도입했으며, 현재 포스코가 보유하고 있는 설비의 최신도는 세계 최고의 수준을 자랑하고 있다. 포스코가 첨단설비나 첨단기술의 채택에 적극적이라는 것은 1990년대에 들어와 새롭게 등장하고 있는 혁신공법을 조기에 모색하여 상용화하고 있다는 점에서도 잘 드러난다.

포스코는 포항제철소 건설사업을 통하여 우수한 설비를 도입하는 데 많은 노력을 기울였다. 고로의 내용적은 1기 사업의 경우에 1,660㎥였던 것이 2기의 2,254㎥를 거쳐 3~4기에는 3,795㎥로 증가했으며, 전로의 1회 생산능력은 1~2기의 100톤에서 3~4기의 300톤으로 향상되었다. 열연공장에서는 1~3기 사업에서 150톤급 가열로가 1기씩 도입되었지만 4기 사업에서는 250톤급 가열로 3기가 채택되었고 2기 사업부터 롤 그라인더(roll grinder), 자동 판두께제어(automatic gauge control, ACG) 장치, 다운 코일러(down coiler)가 설치되었다. 여기서 내용적 3,795㎥의 고로, 300톤급의 전로, 연산 325만 톤 규모의 열연설비는 모두 세계적인 수준에 해당하는 것으로서 당시 일본의 평균치를 넘어서고 있었다.³⁹⁾

광양제철소 건설사업을 통해서도 당시에 시험적인 차원에서 개발되었던

39) 송성수, “한국 철강산업의 기술능력 발전과정”, 100-101쪽. 그러나 포스코가 모든 시기에 걸쳐 우수한 설비를 조기에 도입하지는 않았다. 예를 들어 포스코는 포항제철소 3기 사업에서 연주공정 대신에 분괴공정을 도입하는 보수적인 의사결정을 내렸는데, 그 경위에 대해서는 송성수, “한국 철강산업의 기술능력 발전과정”, 104-106쪽을 참조.

새로운 설비들이 제철소 현장에서 본격적으로 건설되고 가동되기 시작하였다. 제선 부문의 미분탄취입법(pulverized coal injection, 저렴한 일반탄을 고로에 직접 취입하는 방법), 열연 부문의 열간직접압연법(hot direct rolling, 연주와 열연 사이의 중간 공정을 모두 생략하는 방법), 냉연 부문의 연속냉간압연법(tandem cold rolling, 산세처리가 끝난 코일을 연속적으로 압연하는 방법) 등은 그 대표적인 예이다. 특히 광양제철소 건설사업에서는 100% 연주설비가 도입되었으며 이를 배경으로 한국은 1990년부터 세계 최고의 연주비율을 보유하게 되었다. 이처럼 광양제철소 건설사업에 우수한 설비가 대거 도입됨으로써 광양제철소는 설비신에도에서 세계 최고의 제철소로 성장하게 된다.⁴⁰⁾

1990년대 포스코의 기술활동 중에서 가장 가시적인 변화를 보였던 영역으로는 차세대 혁신철강기술의 개발을 들 수 있다. 포스코가 도전했던 대표적인 차세대 혁신철강기술로는 용융환원법(smelting reduction)과 박슬래브 주조법(thin slab casting)을 들 수 있다. 용융환원법은 용융 상태의 철광석을 환원하여 직접 선철이나 용선을 제조하는 방법이며, 박슬래브주조법은 연주 공정과 열연공정의 일부를 통합한 것이다. 당시에 용융환원법이나 박슬래브 주조법은 몇몇 공법을 대상으로 상업화가 시도되는 단계에 있었으며 1990년의 시점에서도 확실한 성과가 도출되지 않고 있었다. 게다가 차세대 혁신철강기술의 경우에는 ‘철강기술의 르네상스 시대’라고 부를 수 있을 정도로 과거와는 달리 매우 다양한 공법이 출현하는 경향이 현저하게 나타나고 있었다. 포스코는 용융환원법 중에서 코렉스(COREX, coal ore reduction) 공법을, 박슬래브주조법 중에서 ISP(in-line strip production) 공법을 선택한 후 시험설비 단계와 공장건설 단계를 거쳐 조업기술을 자체적으로 확보함으로써 이를 외국에 수출하는 성과를 거두었다.⁴¹⁾

삼성의 경우에도 기술경로를 선택해야 하는 경우가 종종 있었는데, 그러한 과정에서 삼성이 추구했던 목표는 성장가능성이 높은 방식을 선택하여 최단 시일 내에 기술발전의 주류에 동참하는 데 있었다. 이하에서 자세히 논

40) 송성수, “한국 철강산업의 기술능력 발전과정”, 181-182, 185-186쪽.

41) Sungsoo Song, “The Historical Development of Technological Capabilities in Korean Steel Industry: The Case of POSCO,” *The Korean Journal for the History of Science* 33:2 (2011), pp. 327-331.

의하겠지만 삼성은 새로운 추세에 적극적으로 대응하기 위해 이미 보유하고 있던 기술이나 방식을 과감히 포기하는 조치를 취하기도 했다. 만약 삼성이 이러한 의사결정을 신속히 내리지 않았더라면 단기간 내에 세계적인 선도기업으로 부상하지 못했을 것이다.

삼성이 첨단반도체 사업에 진출한다는 결정을 내린 후 가장 어려웠던 문제는 어떤 제품을 개발할 것인가를 선택하는 데 있었다. 삼성의 내부적 상황으로서는 비메모리 반도체를 선택하는 것이 타당해 보였다. 당시에 삼성은 가전제품의 생산에 필요한 반도체를 대량으로 수입하고 있었으며, 삼성이 그 동안 기술개발을 추진해 온 분야도 가전용 중심의 비메모리 반도체였던 것이다. 그러나 삼성은 메모리 반도체를 선택하였다. 내부적인 수요도 중요하지만 그 자체로 수익을 낼 수 있는 품목을 개척해야 한다는 것이었다. 그 다음에는 메모리 반도체 중에서 어떤 제품에 주력할 것인지를 결정해야 했다. 처음에는 S램이 유력해 보였지만 삼성은 결국 D램을 선택하였다. 시장 규모를 자세히 검토한 결과 S램의 시장규모는 D램의 절반에도 미치지 못했던 것이다. 아울러 D램이 반도체기술을 선도하고 있기 때문에 D램을 선택하는 것이 선진국과의 기술격차를 줄이기 위한 지름길이라는 인식도 중요하게 작용하였다.⁴²⁾

삼성이 256K D램을 위한 생산라인을 건설할 때에는 웨이퍼의 크기를 얼마로 할 것인가 하는 문제가 있었다. 당시에 미국과 일본에서는 대부분 5인치 라인이 설치되어 있었고 6인치 라인을 갖춘 업체는 3개 업체밖에 없었다. 삼성에서는 5인치 라인과 6인치 라인을 놓고 논쟁이 벌어졌다. 5인치 라인을 주장하는 진영은 4인치에 겨우 익숙한 현장 기술자와 작업공이 5인치에 대한 경험 없이 6인치로 곧바로 갈 경우에 기술을 충분히 습득할 수 없다고 판단했다. 또한, 아직 256K D램 생산기술이 개발되지 않은 상태인데 만약 생산공정에서 문제가 발생하면 그 원인이 기술의 미숙에 있는지 아니면 장비의 결함에서 온 것인지 판단하기 어렵게 될 것이었다. 그러나 이러한 문제점에도 불구하고 삼성은 6인치 웨이퍼를 사용하기로 결정하였다. 선진업체를 하루빨리 따라잡기 위해서는 보다 공격적인 전략을 구사해야 한다는 것이었다. 이와 같은 공격적 투자는 16M D램의 생산라인으로 6인치 대신에 8

42) 송성수, “삼성 반도체 부문의 성장과 기술능력의 발전”, 165-166쪽, 삼성전자, “64K D램 개발: 선진 한국으로 가는 길을 열다!”, 22-24쪽.

인치를 선택하고 1997~2001년에 8인치에서 12인치로 전환할 때에도 반복되었다.⁴³⁾

1M D램을 개발하는 과정에서도 기술선택의 문제가 제기되었다. 당시 반도체기술의 경향은 N-MOS에서 C-MOS로 이행하고 있었는데, N-MOS를 토대로 1M D램을 개발하자는 주장과 1M D램부터 C-MOS를 채택하자는 주장이 팽팽히 맞섰다. 결국 삼성은 자신이 보유한 기술을 과감히 버리고 당시의 추세에 부응하여 C-MOS로 설계를 변형하였다. 또한 4M D램부터는 기존의 평면구조로는 부족하여 입체적인 설계기술이 필요했는데, 이에 대한 선택지에는 지하층을 만드는 트렌치(trench) 방식과 고층을 쌓아 올리는 스택(stack) 방식이 있었다. IBM을 비롯한 미국 기업들은 대부분 트렌치 방식을 채택하고 있었고, 일본의 경우에는 도시바와 NEC는 트렌치 방식을, 히타치, 미쓰비시, 마쓰시타는 스택 방식을 채택하고 있었다. 삼성은 처음에 현지법인팀은 트렌치 방식으로, 국내팀은 스택 방식으로 연구개발을 추진하다가 최종적으로는 대량생산에 문제점이 적은 것으로 판단된 스택 방식을 선택하였다. 스택 방식은 4M D램은 물론 이후의 제품에서도 기술주류를 형성함으로써 트렌치 방식을 택한 업체들은 2군으로 밀려나고 스택 방식을 택한 업체들은 1군으로 자리 잡는 결과를 가져왔다.⁴⁴⁾

이처럼 포스코와 삼성이 우수한 설비나 기술을 채택할 수 있었던 것은 선진업체의 기술동향에 대한 정보를 신속하게 획득할 수 있었기 때문으로 풀이할 수 있다. 특히 포스코와 삼성의 경영진이나 기술진은 비공식적인 통로를 활용하여 실질적인 기술정보를 획득한 후 이를 자사의 기술기획이나 기술개발에 적극적으로 반영하는 모습을 보였다. 이와 관련하여 포스코의 내

43) 송성수, “삼성 반도체 부문의 성장과 기술능력의 발전”, 169쪽, 삼성전자, “이기거나 지는 것이 아니라 이기거나 죽는 것이다!”, 『삼성전자 40년: 도전과 창조의 유산』, 177-179쪽.

44) 송성수, “삼성 반도체 부문의 성장과 기술능력의 발전”, 171-172쪽. 당시에 공동연구개발사업에 참여했던 반도체 3사는 기술선택에 대한 합의를 보지 못해 각 기업의 독자적인 판단 하에 개발 작업을 추진하였다. 금성과 현대는 처음에 트렌치 방식을 선택했다가 삼성이 스택 방식으로 성공을 거두는 것을 목격한 1989년에 가서 트렌치 방식을 스택 방식으로 전환하였다. 금성과 현대가 소자 구조를 바꾸는 데 시간적인 손실을 거의 보지 않은 것은 기술교류회를 통해 삼성의 기술개발이 진행되는 상황을 파악할 수 있었기 때문이었다. 김재훈, “공동개발사업과 기술능력의 발전”, 조형제·김창욱 편, 『한국 반도체 산업 세계기술을 선도한다』 (현대사회경제연구원, 1997), 176-177쪽.

연공장에 대한 기술기획을 담당했던 심장섭은 1982년에 사적인 친분을 통해 히로하다(廣畑)제철소의 냉연공장을 견학했던 것이 최신포스팀에 공장을 설계하는 데 많은 도움이 되었다고 회고하였고, 1981년부터 기술연구소에서 근무했던 신영길은 비공식적인 방법으로 확보한 연주조업에 관한 데이터와 연주설비에 대한 사양이 포스코의 연주기술을 향상시키는 데 크게 기여했다고 평가하였다.⁴⁵⁾ 삼성이 4M D램을 개발하면서 스택 방식을 선택하는 데에도 김광호 부사장이 “트렌치로 개발할 경우 칩 크기를 수축하는 것이 힘들다”는 정보를 입수했던 것이 중요한 전환점으로 작용했으며, 최종적으로 이견회 회장은 “트렌치로 개발하겠다고 발표한 경쟁업체가 극비리에 스택 방식으로 전환하고 있다”는 정보를 바탕으로 “스택으로 간다”는 의사결정을 내릴 수 있었다.⁴⁶⁾

6. 병렬적 개발시스템의 활용

포스코와 삼성을 비롯한 한국의 기업들은 핵심적인 기술과제를 대상으로 태스크포스팀(TFT, task force team)을 구성한 후 연구개발, 시제품개발, 양산 기술개발을 순차적으로 진행하지 않고 병렬적으로 추진하였다. 즉 기술개발의 각 단계를 명확하게 구분하지 않고 겹치게 함으로써 참여자들이 서로의 기능을 침범하면서 이동해가는 동기화 방식을 취했던 것이다. 이를 통해 포스코와 삼성은 기술개발의 기간을 단축하는 것은 물론 보다 시장성이 높은 기술을 개발할 수 있었다. 삼성은 D램 사업에 진출한 직후부터, 포스코는 1980년대에 선진기술을 추격하는 과정에서 태스크포스팀을 통한 병렬적 개발시스템을 적극 활용하였다.⁴⁷⁾ 그러나 이러한 방식이 한국 기업에 고유한 것이라고 보기는 어렵고, 오히려 일본이 먼저 시작한 병렬적 개발시스템을 한국 기업들이 자사의 여건에 맞게 활용했다고 해석하는 것이 무난할 것이다.⁴⁸⁾

45) Sungsoo Song, “The Historical Development of Technological Capabilities in Korean Steel Industry,” p. 325.

46) 삼성전자, “이기거나 지는 것이 아니라 이기거나 죽는 것이다!”, 175-176쪽.

47) 송성수, “삼성 반도체 부문의 성장과 기술능력의 발전”, 183쪽; Sungsoo Song, “The Historical Development of Technological Capabilities in Korean Steel Industry,” p. 325.

48) 이와 관련하여 竹内弘高野中郁次郎, “신제품개발의 전략과 조직”, 今井賢一 편저, 김

포스코와 삼성은 일본 기업에서 찾아보기 어려운 새로운 형태의 병렬적 개발시스템을 구축하는 모습도 보였다. 삼성의 독특한 병렬적 개발시스템으로는 신제품의 개발과 생산라인의 건설을 병렬적으로 추진하는 방식, 한국의 본사와 미국의 현지법인이 동일한 제품을 병행해서 개발하는 방식, 여러 세대의 반도체제품에 대한 연구개발활동을 동시에 추진하는 방식 등을 들 수 있다.⁴⁹⁾

삼성은 1983년에 64K D램을 개발하면서 양산공장을 건설하는 데에도 박차를 가했다. 한 쪽에서 반도체 기술을 개발하는 동안 다른 쪽에서는 반도체 공장을 지었던 것이다. 반도체 장비는 약간의 먼지나 진동에도 오류를 일으킬 만큼 민감하기 때문에 반도체 공장을 건설하는 것은 쉬운 일이 아니었다. 이 때문에 선진국에서는 반도체 공장을 건설하는 데 18개월 정도가 걸렸지만, 삼성은 6개월만에 공장건설을 완료하였다. 후발주자인 삼성이 선진업체와 경쟁하기 위해서는 조기에 공장을 건설하여 시장에 진입해야 했기 때문이다. 특히 1983년에는 64K D램이 호황을 맞이하고 있었고 그것이 끝나기 전에 시장에 진입해야 했던 것이다.⁵⁰⁾

국내팀과 현지법인팀이 동일한 제품을 병행해서 개발하는 방식은 1M D램과 4M D램을 개발할 때 주로 활용되었다. 삼성은 D램 사업에 진출하면서 미국의 현지법인이 핵심기술을 개발하고 국내에서는 양산을 담당하는 것을 기본방침으로 삼았다. 그러나 1M D램을 개발할 무렵에는 상황이 달라졌다. 256K D램을 개발할 때 미국 현지법인에 기술연수를 다녀왔던 사람들이 귀국하면서 국내 연구팀이 1M D램을 직접 개발하겠다고 나섰던 것이다. 이에 따라 현지법인팀과 국내팀 중에 누가 기술개발을 주도할 것인가를 놓고 상당한 논쟁이 벌어졌고, 결국 삼성은 현지법인팀과 국내팀이 동시에 1M D램을 개발하기로 결정하였다. 1M D램 개발에 대한 경쟁은 예상을 깨고 국내

동열 옮김, 『기술혁신과 기업조직: 일본기업의 사례를 중심으로』 (비봉출판사, 1992), 139-176쪽은 미국 기업의 분석적·직렬적 방식과 일본 기업의 전체적·중복적 방식을 대비시키면서 일본 기업이 기술개발의 각 국면을 중복시킨 생선회 모양의 병렬개발을 수행해 왔다고 평가하고 있다.

49) Youngrak Choi, *Dynamic Techno-Management Capability*, pp. 134-136; 송성수, “추격에서 선도로: 삼성 반도체의 기술발전 과정”, 542쪽.

50) 송성수, “삼성 반도체 부문의 성장과 기술능력의 발전”, 169쪽; 삼성전자, “64K D램 개발: 선진 한국으로 가는 길을 열다!”, 24-27쪽.

팀의 승리로 이어졌다. 국내팀은 현지법인팀보다 4개월 빨리 1M D램을 개발했을 뿐만 아니라 국내팀이 개발한 제품의 성능이 더욱 우수한 것으로 판명되었던 것이다. 삼성은 4M D램을 개발하는 과정에서도 국내팀과 현지법인팀의 경쟁체제를 적용했는데, 두 번째 경쟁도 국내팀의 승리로 끝났다. 이 후에는 국내에서 D램 개발을 전담하고 현지법인은 D램 이외의 고부가가치 제품을 담당하는 체제가 정착되었다.⁵¹⁾

여러 세대의 반도체제품에 대한 연구개발활동을 동시에 추진하는 방식은 64M D램과 256M D램을 개발하는 경우에 나타났다. 반도체산업에서는 제품을 개발해서 생산하는 데까지 걸리는 시간과 제품의 수명주기가 서로 일치하지 않기 때문에 기존 세대의 칩을 양산하기 이전에 차세대 칩을 개발하기 시작해야 한다. 새로운 칩을 개발하고 양산하는 데에는 약 5년이 걸리지만, 그 제품이 출시된 후 차세대 제품으로 교체되는 데에는 3~4년밖에 걸리지 않는 것이다. 이에 따라 세계 반도체업계는 2세대 제품들을 병렬적으로 개발하는 것을 관행으로 삼고 있었는데, 삼성의 경우에는 3세대 제품들을 동시에 개발하는 체제를 구축했다. 삼성은 16M D램을 개발하고 이 제품을 양산하기 이전에 64M D램의 개발을 시작하였고, 곧이어 256M D램의 개발에도 착수한 것이다. 이러한 방식을 활용함으로써 삼성은 64M D램부터는 세계 최초로 개발하는 성과를 거둘 수 있었다.⁵²⁾

이와 같은 삼성의 병렬적 개발시스템을 포스코에 그대로 적용하기는 어렵다. 반도체산업의 경우에는 세대별로 제품이 가시적으로 달라지지만, 철강산업은 장치 중심의 산업이기 때문에 생산 제품이 커다란 차이를 보이지 않기 때문이다. 그러나 포스코의 경우에도 공장을 건설함과 동시에 원활한 조업에 필요한 조치를 취하거나 하나의 사업이 아직 완료되지 않았는데도 새

51) 송성수, “추격에서 선도로: 삼성 반도체의 기술발전 과정”, 527-530쪽. 당시에 삼성전자 회장을 맡고 있었던 강진구가 회고했듯이, 국내팀이 현지법인팀과의 경쟁에서 계속해서 승리할 수 있었던 이유는 국내팀이 보여준 엄청난 성실성에서 찾을 수 있다. “미국의 현지팀은 고도의 전문지식과 기술을 가지고 있었지만, 한국에서처럼 24시간, 아니 몇 개월씩 모든 것을 희생하면서 연구개발에 몰두할 수가 없었다. 이에 비해 국내의 젊은 팀은 전문지식이나 기술의 핸디캡을 젊음을 불사르며 극복할 수 있었고, 자신과 가족의 희생도 당연시하는 분위기 속에서 ‘불철주야’ 강행군을 했던 것이다.” 강진구, 『삼성전자 신화와 그 비결』 (고려원, 1996), 229쪽.

52) 송성수, “추격에서 선도로: 삼성 반도체의 기술발전 과정”, 534-536쪽; 신장섭·장성원, 『삼성 반도체 세계 일등 비결의 해부』, 55-56쪽.

로운 사업이 추진되는 경향을 발견할 수 있다.

포항제철소 1기 사업을 추진하면서 포스코는 해외연수를 통해 조업기술을 획득하는 한편 공장 가동에 체계적으로 대비하는 모습을 보였다. 이를 위해 포스코는 건설공사가 끝난 뒤에 별도로 조업 및 정비 조직을 구성하는 것이 아니라 처음부터 조업요원과 정비요원을 편성하여 조업요원이 건설공사를 주관하고 정비요원이 공사감독을 담당하는 체제를 구축하였다. 또한 포스코는 공장이 완공되기에 앞서 설비를 시험적으로 가동하는 과정을 거치게 함으로써 설비의 결함으로 인하여 발생할 수 있는 문제점을 사전에 제거하고자 하였다. 이처럼 포스코는 제철소 건설과 병행하여 조업요원과 정비요원의 참여를 제도화하고 설비를 사전에 시험적으로 가동해 봄으로써 매우 빠른 속도로 정상조업도를 달성할 수 있었다. 예를 들어, 제철공장의 경우에 JG는 포항제철소의 1고로와 규모가 비슷한 일본 제철소들의 사정을 감안하여 정상조업도에 도달하는 기간을 설비 완공 후 12개월로 조언했지만, 포스코는 6개월 내에 정상조업도를 실현하는 것을 목표로 삼았고 실제적으로는 그 기간이 107일로 단축되었다.⁵³⁾

이와 함께 포스코는 광양제철소 건설사업을 추진하면서 ‘병렬적 건설시스템’이라 부를 수 있는 방식을 도입하였다. 광양제철소 1기 사업은 1985년 3월 5일에 시작되어 1987년 5월 7일에 완료되었는데, 그것이 완료되기 전인 1986년 9월 30일에 광양제철소 2기 사업이 시작되었던 것이다. 이처럼 사실상의 제철소 두 개를 동시에 건설했던 것은 세계 철강산업의 역사상 유례를 찾아보기 힘들다. 그것은 철강재에 대한 수요가 급속히 증가할 것으로 예상되고 있었다는 점만으로는 설명하기 어려우며, 포스코가 건설공정을 원활하게 관리할 수 있는 능력을 확보하고 있었기 때문에 가능했던 것으로 판단된다.⁵⁴⁾

포스코와 삼성의 병렬적 개발시스템은 대부분 선진국의 기술을 추격하는

53) 송성수, “포항제철 초창기의 기술습득”, 342-346쪽. 이와 관련하여 박태준은 서갑경과의 인터뷰에서 “우리가 (조기에) 이익을 낼 수 있었던 또 하나의 요인은 설비를 미리 시험가동한 방법입니다. 제철소가 완공되면 가동되기 전에 반드시 테스트를 거치고 미세한 조정을 해야 합니다. 그렇지만 정상적으로 하면 보통 6개월이나 걸립니다. 우리는 설치하면서 설비 전체를 테스트했기 때문에 결과적으로 그 기간을 3개월로 단축할 수 있었습니다”고 회고한 바 있다[K. K. Seo, 『최고기준을 고집하라: 철강왕, 박태준의 경영이야기』, 320쪽].

54) 송성수, “한국 철강산업의 기술능력 발전과정”, 189쪽.

단계에서 구축되었다. 추격의 단계는 기본적으로 선진국이 선례를 남겼거나 수행 중인 기술경로를 따라가는 성격을 띠고 있으며, 무엇이 문제가 되는가도 이미 알려져 있고 그 문제에 대한 해답이 어떤 것인가 하는 점도 예상할 수 있다. 이처럼 추격의 단계에서는 문제와 해답을 모두 알 수 있기 때문에 얼마나 빠른 속도로 해당 문제를 풀이할 수 있는지가 관건으로 작용한다. 포스코와 삼성은 자사의 여건에 따라 다양한 형태의 병렬적 개발시스템을 활용함으로써 기술개발속도와 시장진입속도를 단축시켰던 것이다.

7. 새로운 기술경로의 개척

최근에 들어와 포스코와 삼성은 기존의 기술경로를 급속히 추격하는 것을 넘어 새로운 기술경로를 개척하는 모습을 보여주고 있다. 포스코의 파이넥스(FINEX, fine iron ore reduction) 공법과 삼성의 퓨전반도체(fusion semiconductor)는 그 대표적인 예이다.

파이넥스 공법은 기존의 용광로 공법을 대체하기 위한 것으로 세계 철강 업계에서 1990년대에 탐색되기 시작한 차세대 혁신철강기술의 주요 사례에 해당한다. 1980년대까지 철강산업의 기술혁신이 주로 설비의 대형화와 단위 공정의 자동화에 초점을 두었던 반면, 차세대 혁신철강기술은 이전에 분리되어 있었던 공정을 생각하거나 직결화함으로써 제조원가를 대폭적으로 절감할 수 있는 이점을 가지고 있다. 이러한 차세대 혁신철강기술이 모두 현실화되면 냉연강판을 제조하는 데 필요한 공정이 기존의 10여 개에서 4개 정도로 감소할 것으로 평가되고 있다. 이처럼 1990년대에 접어들면서 세계 철강기술은 19세기 후반에 베세머 제강법이 정착된 이래 최대의 변혁기를 맞이하고 있었으며, 그것은 철강산업 성장의 기반이 되는 기술패러다임 자체가 전환을 맞이하고 있었던 상황으로 풀이될 수 있다.⁵⁵⁾

포스코의 입장에서는 차세대 혁신철강기술에 도전하는 것이 그리 시급한 상황은 아니었다. 왜냐하면 포스코가 보유한 설비는 다른 선진업체에 비해 매우 최신의 것이었으며, 별다른 문제없이 잘 가동되고 있었기 때문이었다.

55) 철강산업의 기술패러다임 변화와 주요 과제에 대해서는 송성수, “철강산업의 기술혁신 패턴과 발전과제”, 『기술혁신학회지』 3권 2호 (2000), 94-110쪽을 참조.

그러나 포스코는 2020년대를 대비하여 독자적인 신기술을 확보한다는 의미에서 차세대 혁신철강기술을 개발하기 위한 대규모 프로젝트를 출범시켰다. 앞서 언급했듯이, 포스코는 다양한 선택지 중에서 코렉스 공법과 ISP 공법을 선택한 후 조업기술을 자체적으로 확보함으로써 이를 외국에 수출하는 성과를 거두었다.

더 나아가 포스코는 코렉스 공법을 개발하는 과정에서 파이넥스 공법이라는 새로운 개념을 제안하였다. 코렉스 공법은 용기 내부에 반응가스가 잘 통과할 수 있도록 입경이 8~35mm인 펠릿(pellet)을 별도로 만들어 원료로 사용해야 한다는 단점을 가지고 있다. 이러한 점을 보완하기 위하여 입경 8mm 이하의 분광석을 원료로 사용할 수 있는 새로운 공법이 모색되었고 그것은 파이넥스 공법으로 명명되었다.

포스코가 파이넥스 공법을 개발하는 과정에서 보여준 가장 중요한 특징은 점차적인 규모 확대(scale-up)를 통해 기술·경제적 위험을 감소시켰다는 점을 들 수 있다. 파이넥스 공법은 모델 플랜트, 파일럿 플랜트, 데모 플랜트, 상용화 설비의 단계를 거치면서 기술적 실현가능성과 경제적 타당성이 더욱 높아졌던 것이다(<표 1> 참조). 또한 파이넥스 공법의 경우에는 과거의 기술과 달리 공정설계, 설비제작, 공장조업의 세 단계에 필요한 요소기술을 국내에서 모두 정립해야 했기 때문에 한 부분에서 오류가 있는 것으로 판명될 경우에는 연구개발의 방향 자체가 수정되어야 했다. 게다가 파이넥스 공법과 같이 아직 검증되지 않은 기술을 개발하는 활동에서는 포스코는 물론 누구도 접해본 적이 없는 새로운 문제들을 해결해야만 했다.

단계	모델 플랜트	파일럿 플랜트	데모 플랜트	상용화 설비
규모	일일 15톤	일일 150톤 (연산 3만 톤)	연산 60만 톤	연산 150만 톤
건설 시기	1996. 5	1998. 2 ~ 1999. 8	2001. 1 ~ 2003. 5	2004. 8 ~ 2007. 5
주요 활동	실험실 수준의 테스트	기술적 실현가능성 검증	주요 기술의 완성 경제성 검증	파이넥스 공법의 산업적 적용

표 1. 파이넥스 공법의 개발 단계

결과적으로 포스코는 파이넥스 공법에 대한 공정기술과 조업기술을 모두 확보하는 데 성공하였다. 공정기술로는 유동환원기술, 성형철 설비기술, 성형탄 제조기술 등이 개발되었고, 파이넥스 상용화 설비의 가동을 통해 이에 대한 조업기술도 축적되고 있는 것이다. 특히 코렉스 공법의 개발자는 오스트리아의 뢰스트(Vöest)였던 반면, 파이넥스 공법은 뢰스트와 포스코가 공동으로 개발했다는 점에 주목할 필요가 있다. 코렉스 공법의 경우에는 뢰스트가 설비를 제작한 후 포스코가 이에 대한 조업기술을 개발하는 식으로 추진되었다. 그러나 파이넥스 공법의 경우에는 포스코와 뢰스트가 공동으로 설비를 제작했으며, 이에 대한 조업기술은 포스코가 단독으로 확보하였다. 이로써 포스코는 파이넥스 공법에 관해서는 모든 측면에서 기술혁신 선도자(innovation leader)의 자격을 갖추게 되었다.⁵⁶⁾

삼성은 1990년대 후반부터 반도체사업의 새로운 발전전략을 적극적으로 모색하였다. 삼성이 D램에서 세계 시장을 주도하고 있었지만, D램 위주의 제품 구성으로는 지속적인 성장을 보장받기 어렵다는 우려가 계속해서 제기되었던 것이다.⁵⁷⁾ 삼성은 비메모리 반도체로 급속히 전환하는 방식보다는 D램의 부가가치를 제고함과 동시에 생산제품을 다각화하는 전략을 선택하였다. 이와 같은 삼성의 심화 및 다각화 전략은 미국이나 일본 업체들이 1990년대 이후에 D램에 대한 투자를 축소하고 비메모리 반도체에 대한 투자에 집중했던 경향과 대비되는 것이었다.

삼성의 생산제품 다각화를 선도한 제품은 모바일 기기에 주로 사용되는 플래시메모리였다. 삼성이 플래시메모리에 진출할 때에는 인텔이 장악하고 있었던 노어(nor)형과 도시바가 주도하고 있었던 낸드(nand)형의 두 가지 선택지가 있었다. 전자는 접근 시간이 빠르고 후자는 용량이 크다는 장점을 가지고 있었는데, 삼성은 성장가능성이 높을 것으로 판단된 낸드형을 선택하였다. 삼성은 1996년 64M 제품에서 2005년 16G 제품에 이르기까지 낸드플래시의 용량을 매년 2배씩 증가시켰으며, 2003년에는 플래시메모리에서 세계 최고의 기업으로 부상하였다.⁵⁸⁾

56) 이상에서 논의한 파이넥스 공법의 개발 과정과 그 특징에 대해서는 송성수·송위진, “코렉스에서 파이넥스로: 포스코의 경로실험형 기술혁신”, 『기술혁신학회지』 13권 4호 (2010), 700-716쪽을 참조.

57) 1990년대 후반 한국 반도체산업의 상황에 대해서는 김창욱, “한국 반도체 산업의 현위상과 과제”, 『동향과 전망』 40호 (1999), 180-190쪽을 참조.

더 나아가 삼성은 플래시메모리 시장을 개척하는 과정에서 퓨전반도체라는 새로운 기술경로를 창출하였다. 그것은 플래시메모리가 USB 메모리, MP3 플레이어 등에 활용되고 있었지만, 근본적으로는 휴대폰 시장을 공략해야 한다는 판단에서 비롯되었다. 당시에 휴대폰 시장은 노어플래시를 기반으로 삼고 있었는데, 삼성은 휴대폰 시장이 고용량을 필요로 하기 때문에 낸드의 시대가 도래할 것으로 확신하였다. 이를 현실화하기 위하여 삼성은 2001년 12월부터 시스템LSI사업부와 메모리사업부의 협력을 바탕으로 낸드 플래시를 운영할 수 있는 소프트웨어를 만들기 시작했다. 그 결과 2004년 11월에 출시된 1G 원낸드(OneNand)는 낸드플래시, S램, 비메모리의 기능을 하나의 칩에 집적함으로써 읽기 속도가 빠른 노어플래시의 장점과 쓰기 속도 및 고집적에서 유리한 낸드플래시의 장점을 동시에 구현할 수 있었다.⁵⁹⁾

삼성원낸드 이외에도 원디램(OneDRAM), 플렉스원낸드(FlexOneNand)와 같은 퓨전반도체를 잇달아 개발했다. 원디램은 D램과 S램을 하나로 합친 것으로 휴대용 정보통신기기의 소형화를 가속화시키는 데 크게 기여하고 있다. 원디램은 2006년 12월에 처음 개발되었지만 매출 실적이 저조한 상태를 보이다가 2007년 6월부터 무선사업부와와의 협력을 바탕으로 스마트폰에 적용하는 작업이 추진되었고 2008년 8월에는 원디램을 적용한 스마트폰이 출시될 수 있었다. 2007년 3월에 탄생한 플렉스원낸드는 고속 데이터 처리용 플래시메모리와 대용량 데이터 저장용 플래시메모리의 장점을 결합한 것으로 칩의 성능이나 용량을 가변적으로 조정할 수 있는 특징을 가지고 있다. 이전에는 자주 사용하는 데이터는 고속 메모리에 저장하고 영화와 음악과 같은 데이터는 외장형 메모리에 담도록 설계되어 있었지만, 플렉스원낸드는 칩의 메모리 공간을 둘로 갈라 한쪽은 고속용으로 다른 쪽은 대용량으로 만들어 사용할 수 있는 것이다.⁶⁰⁾

58) 송성수, “추격에서 선도로: 삼성 반도체의 기술발전 과정”, 539쪽; 신장섭·장성원, 『삼성 반도체 세계 일등 비결의 해부』, 77-82쪽. 삼성전자의 황창규 사장은 2002년에 개최된 국제반도체회로회의(International Solid-State Circuits Conference)에서 플래시메모리의 용량이 1년에 2배씩 증가한다는 이른바 ‘황의 법칙’을 발표하기도 했다. 그것은 반도체의 집적도가 1년 6개월마다 2배씩 증가한다는 ‘무어의 법칙’에 비견될 수 있다.

59) 신장섭·장성원, 『삼성 반도체 세계 일등 비결의 해부』, 83-84쪽; 삼성전자, “시장은 없다, 만들어 갈 뿐이다”, 『삼성전자 40년: 도전과 창조의 유산』, 235-239쪽.

60) 삼성전자, “시장은 없다, 만들어 갈 뿐이다”, 239-242쪽.

이처럼 포스코와 삼성은 2000년대에 들어와 파이넥스 공법이나 퓨전반도체와 같은 새로운 기술경로를 개척하는 모습을 보이고 있다. 파이넥스 공법과 퓨전반도체는 아직 지배적인 형태가 존재하지 않은 유동기의 기술을 현실화시킨 후 이를 더욱 발전시키는 과정에서 개발된 특징을 가지고 있다. 파이넥스 공법은 코렉스 공법을 상용화한 후 그것의 단점을 보완하는 과정에서, 퓨전반도체는 플래시메모리를 비롯한 고성능 반도체에 대한 시장을 새롭게 개척하는 과정에서 개발되었던 것이다. 그러나 포스코와 삼성이 개척한 새로운 기술경로에는 다른 특성도 존재한다. 파이넥스 공법은 철강산업에서 기술패러다임이 전환되는 과정에서 포스코가 새롭게 개척한 것에 해당한다면, 퓨전반도체는 삼성이 이미 보유하고 있었던 다양한 기술을 서로 융합함으로써 개발한 것이라 할 수 있다.

8. 결론적 고찰

이 논문에서는 포스코와 삼성의 사례를 통해 한국 산업의 기술발전 과정이 보여준 일반적인 특징을 도출하고자 하였다. 그것은 지속적인 대규모 투자를 통해 기술발전의 원천을 창출했다는 점, 초창기의 기술습득을 위하여 해외연수를 활용했다는 점, 진입장벽이 낮은 것에서 높은 것으로 기술영역을 단계적으로 확대해 왔다는 점, 첨단기술을 적기에 채택하여 기술발전의 주류에 동참했다는 점, 병렬적 개발시스템을 활용하여 기술개발의 속도를 가속화시켰다는 점, 추격이 일단락된 이후에는 새로운 기술경로를 개척했다는 점 등으로 요약할 수 있다.

이처럼 포스코와 삼성은 전반적으로는 거의 유사한 기술발전의 과정을 밟아왔지만, 세부적으로는 해당 기업의 상황이나 해당 산업의 특성에 따라 몇몇 차이점도 보였다. 즉 포스코와 삼성은 대규모 투자를 위한 재원을 조달하는 통로, 해외연수에 대한 선진국의 협력 정도, 철강산업과 반도체산업을 구성하는 기술영역, 기술선택의 구체적인 내용, 병렬적 개발시스템의 세부적 형태, 새로운 기술경로를 개척하는 유형 등에서 차이를 보였던 것이다.

포스코와 삼성의 기술발전 과정이 보여준 일반적인 특징은 현대중공업과 현대자동차를 비롯한 다른 기업에도 적용될 수 있다. 예를 들어, 현대중공업

의 경우에도 조선산업에 진출할 때 100만톤 규모로 출발하였고, 영국과 일본의 조선소에서 기술연수를 받았으며, 생산기술을 축적한 후에 설계기술을 확보하였고, 조선소 건설과 선박 건조 작업을 동시에 추진했으며, LNG선을 비롯한 고부가가치 선박에 신속히 도전하였고, 육상건조공법과 같은 새로운 기술경로를 개척하고 있는 것이다.⁶¹⁾ 또한, 현대자동차의 경우에도 저가의 소형자동차를 대량으로 생산하는 것에서 출발하였고, 기술도입과 기술연수를 통해 자동차기술을 습득했으며, 차체설계와 스타일링에 대한 기술을 축적한 후 엔진과 변속기에 도전하였고, 전자제어 방식의 엔진을 조기에 채택했으며, 다양한 차종의 개발을 동시에 진행시켰고, 최근에는 세타엔진과 같은 독창적 기술혁신을 실현했던 것이다.⁶²⁾

물론 이와 같은 특징이 모든 산업에 그대로 적용될 수 있는 것은 아니다. 본문에서 살펴본 철강산업과 반도체산업, 그리고 앞서 언급한 조선산업과 자동차산업은 기본적으로 규모집약산업에 해당하며, 그 이외의 산업에는 곧바로 적용되기 어려운 것으로 판단된다.⁶³⁾ 다른 각도에서 보면, 한국에서 성공사례로 간주되는 대부분의 산업은 규모집약산업의 성격을 띠고 있으며, 다른 특성을 가진 산업은 세계적 수준에 이를 정도로 발전되지 않았다는 평가도 가능하다. 또한 철강, 반도체, 조선, 자동차 산업은 일본이 먼저 세계적 수준에 도달하고 있었던 산업에 해당한다. 한국과 여건이 비슷한 일본이 우수한 성과를 내고 있었다는 점은 한국의 주요 기업이 해당 산업에 도전할

61) 조선산업의 기술발전에 대한 시론적 고찰로는 배용호, “조선산업의 혁신경로 창출능력”, 이공래 외, 『한국 선도산업의 기술혁신경로 창출능력』 (과학기술정책연구원, 2008), 129-153쪽; Sungsoo Song, “Growth and Technological Development of the Korean Shipbuilding Industry,” *STI Policy Review* 2:4 (2011), pp. 55-63이 있다.

62) 자동차산업의 기술발전에 대해서는 김건, “자동차산업의 기술능력 발전”, 이근 외, 『한국산업의 기술능력과 경쟁력』, 315-360쪽, 이흥-한재민, “현대자동차 성장의 진화적 경로”, 『경영교육연구』 3권 3호 (1999), 81-104쪽을 참조.

63) 이와 관련하여 파빗(Keith Pavitt)은 기술혁신의 특성에 따른 기업의 유형을 공급자지배기업(supplier-dominated firms), 규모집약기업(scale-intensive firms), 전문공급자(specialized suppliers), 과학기반기업(science-based firms)으로 분류했으며, 최근에 파빗 등은 이러한 네 가지 유형에 정보집약기업(information-intensive firms)을 추가한 바 있다. Keith Pavitt, “Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory,” *Research Policy* 13:4 (1984), pp. 343-373; Joe Tidd, John Bessant and Keith Pavitt, *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change* (New York: John Wiley & Sons, 1997), pp. 106-110을 참조.

수 있었던 밑거름으로 작용했다고 볼 수 있다. 이와 관련하여 1960년대 이후에 한국의 과학은 주로 미국식 모형을 따르고 있었고 한국의 기술은 주로 일본을 매개로 도입되었기 때문에 상당 기간 동안 과학과 기술 사이의 상호 작용이 미흡했다는 생각도 할 수 있다.

An Analysis on the Characteristics of Technological Development in Korea:

Focusing on POSCO and Semiconductor in Samsung

SONG Sungsoo (Department of Physics Education, Pusan National University)

Abstract. This paper attempts to make a conceptual model of technological development in Korea based on the case studies concerning POSCO in steel industry and Samsung in semiconductor industry. Major findings are as follows. First, POSCO and Samsung made a large-scale investment continuously, and it worked as a source for rapid technological development. Second, two firms utilized overseas training for technological acquisition at initial entry point. Third, they extended technological domain from technology with low entry barrier to high level technology. Fourth, they joined main stream of technological development by timely choice of advanced technologies. Fifth, they accelerate the speed of technological development by establishing various forms of concurrent development system. Sixth, after the completion of technological catch-up, they pioneered new technological paths for the first time in the world. These characteristics of technological development in POSCO and Samsung can be applied to other scale-intensive firms in Korea.

Key words. technological development, POSCO, Samsung, large-scale investment, overseas training, technological choice, concurrent development system, technological path