

기술능력 발전의 시기별 특성: 포항제철 사례연구

송 성 수*

〈 목 차 〉

1. 서론
2. 1970년대의 기술습득과 일본의 역할
3. 1980년대 기술추격의 특징 및 사례
4. 1990년대의 기술창출: 차세대 혁신철강기술의 사례
5. 요약 및 시사점

Summary: Technological capabilities of POSCO (Pohang Iron & Steel Co.) have been developed through acquisition, catch-up, and generation stage. In 1970s standardized operation technologies were acquired based on Japan's technological cooperation. The prime route of technological acquisition was overseas training and operation technologies were articulated by mock and real operation. In 1980s POSCO focused to catch-up advanced technologies through in-house R&D activities. Technological informations were broadly accumulated, task force teams were constructed for important technological tasks, and the scope of technological innovation covered nearly all fields. In 1990s POSCO launched long-term projects based on the large-scale investment and challenged the new fronts of steel technologies. Frontier technologies such as smelting reduction and thin slab casting were early commercialized and new technological concepts were emerged. In conclusion, this article suggests some implications on the development of technological capabilities in Krea.

* 과학기술정책연구원 부연구위원 (e-mail: triple@stepi.re.kr)

1. 서론

한국의 자본주의는 1960년대부터 1990년대 중반에 이르기까지 압축적인 산업화 과정을 통하여 지속적인 고도 성장을 경험해 왔다. 한국의 산업화에 대한 연구는 국가, 대기업 집단, 노동력의 역할에 초점을 맞추어 전개되어 오다가 점차적으로 기술발전에 관한 주제도 포괄되었다. 기술발전에 대한 연구는 1980년대 후반부터 주로 “기술능력 (technological capabilities)”이란 개념을 바탕으로 전개되었으며 박우희·배용호 (1996), Kim (1997), 이근의 (1997) 등으로 종합된 바 있다. 이러한 연구성과를 바탕으로 최근에는 한국의 기술능력 발전 단계와 유형을 규명하려는 작업이 다시 시도되고 있다. 예를 들어 Kim (1999)은 기술계적, 흡수능력, 기술이전, 위기조성, 동태적 학습 등을 고려하여 기술발전 단계를 복제적 모방 (duplicative imitation), 창조적 모방 (creative imitation), 혁신 (innovation)으로 재구성했으며, Lee and Lim (2001)은 세계시장 점유율, 기술체제의 성격, 추격의 정도 등을 감안하여 기술추격의 유형을 경로추종형 추격 (path-following catch-up), 단계생략형 추격 (stage-skipping catch-up), 경로개척형 추격 (path-creating catch-up)으로 범주화하였다.

이상의 연구성과들은 한국의 기술능력 발전과정을 이해하는 데 크게 공헌했지만 다음과 같은 몇 가지 문제점을 내포하고 있는 것으로 판단된다. 첫째, 기술능력 발전과정에 관한 기존의 연구는 대체로 이론의 논리적 완성에 초점을 둬으로써 역사적 사실을 충분히 발굴하고 검토하는 데에는 본격적인 관심을 기울이지 못하는 경향을 가지고 있다. 둘째, 지금까지 많은 산업의 기술능력 발전과정이 분석되었지만 한국의 산업화 과정에서 중요한 위치를 차지했던 주요 산업이 충분히 연구되지 않았고 연구가 수행되었던 산업의 경우에도 모든 시기에 걸쳐 검토되지 못했다. 셋째, 많은 연구들은 기술발전의 과정을 간략히 서술한 후에 그것의 원인을 분석하는 정도로 그치는 경향이 있어서 몇몇 사례를 제외하면 기술능력이 어떤 계기를 통해 발전되어 왔으며 시기별 기술활동의 가진 특징이 무엇인가 하는 점이 여전히 암흑상자 (black box)로 남아 있다.

이러한 문제의식에 입각하여 이 논문에서는 그 동안 상대적으로 간과되어 왔던 한국 철강산업의 기술능력 발전과정을 포항제철 (浦項製鐵, Pohang Iron & Steel Co., Ltd., POSCO)을 중심으로 검토하고자 한다. 포항제철의 기술발전에 대한 대표적인 연구업적으로는 변형운 (1980), 박우희 (Enos and Park, 1988: 176-216; 박우희·배용호, 1996: 161-197), Amsden (1989: 291-318), D'Costa (1994), 성조환 (1999)을 들 수 있다. 변형운, 박우희, Amsden의 연구는 포항제철의 기술발전 과정에서 나타난 몇 가지 특성을 검토

하고 있으나 논의의 시기가 주로 1970년대에 한정되어 있다. D'Costa와 성조환은 각각 구조적 경쟁력 (structural competitiveness)과 역활용전략 (reverse exploitation strategy)이란 개념을 바탕으로 포항제철의 기술적 성과를 해석하는 데 초점을 두고 있으며 기술발전의 과정을 충실히 설명하지는 않았다. 이에 반해 이 논문에서는 기술능력 발전의 모든 단계가 드러나는 1970~90년대를 논의의 대상으로 삼아 시기별 기술활동이 보여주는 특징을 설명·분석함으로써 기술능력 발전의 메커니즘을 규명하는 데 일조하고자 한다.

필자는 이와 관련된 역사적 사실을 발굴하기 위하여 기존의 연구문헌 이외에도 포항제철 사사(社史)를 비롯한 공식 기록과 함께 신문, 회고록, 전기류와 같은 자료를 활용했으며 특히 포항제철의 기술활동에 깊숙이 관여했던 주요 행위자들과 심층적인 인터뷰를 실시하였다.¹⁾ 또한 이 논문에서는 포항제철의 기술능력 발전과정을 체계적으로 조직하기 위하여 기술습득, 기술추격, 기술창출의 단계로 구분하여 논의를 전개하였다. 필자는 인터뷰를 실시하면서 주요 행위자들이 시기별로 습득, 추격, 창출의 관념을 가지고 있다는 점을 확인했으며, 따라서 이러한 개념은 과학기술사회학에서 많이 활용되고 있는 “행위자를 따라가는 방법”(following the actors)에 입각한 것이라고 할 수 있다 (Latour, 1987; Bijker, 1992).²⁾ 이하의 논의는 1970년대, 1980년대, 1990년대에 포항제철의 기술활동이 보여주는 특징을 주요 사례를 통해 검토한 후에 기술능력 발전과정과 관련된 시사점을 도출하는 식으로 구성되어 있다. 이 논문의 주요 논점을 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 포항제철 기술활동의 시기별 특징

기술활동 시기	단 계	자 세	대 상	조 직	성 과
1970년대	기술습득	모방자	성숙기술	생산현장 중심	기존 기술체계 및 구성요소의 재현
1980년대	기술추격	빠른 추종자	선진기술	태스크포스팀	기존 기술체계에서 구성요소의 혁신
1990년대	기술창출	최초진입자	신기술	프로젝트팀	새로운 기술체계의 개발

1) 주요 인터뷰 대상자의 명단은 다음과 같다. 백덕현 (2000년 11월 16일/2001년 7월 20일, 前 포항제철 기술담당 부사장); 신영길 (2001년 9월 4일, 포스코개발 전무, 前 RIST 철강공정연구 본부장); 이승우 (1999년 6월 30일, RIST 검사역); 이일옥 (1999년 6월 30일, RIST 연구위원); 이재수 (1999년 7월 1일/2000년 11월 22일, 포항제철 기술기획 팀 과장); 홍상복 (2000년 11월 23일, 前 포항제철 기술담당 부사장).

2) 이러한 점은 포항제철의 공식 자료를 통해서도 확인할 수 있다. 예를 들어 포항제철 (1993b: 34-37)은 1970년대에는 “조업기술을 습득함으로써 ... 제철소를 성공적으로 운영”했으며 1980년대에는 “최단 시일 내에 선진 제철소와의 철강 기술 수준격차를 해소”하는 것에 초점이 주어졌고 1990년대에 들어서는 “자력기술개발의 가속화를 통한 세계 최고의 기술경쟁력 확보”를 목표로 삼고 있다고 서술하고 있다.

2. 1970년대의 기술습득과 일본의 역할

1970년대 포항제철의 전체적인 기업활동은 성능이 증명된 설비 중에서 우수한 것을 외국 업체로부터 도입하여 그것을 원활히 가동하는 데 초점을 두고 있었다. 즉 1970년대에는 표준화된 설비 및 기술을 확보한 후 보통강을 대량으로 생산하여 국내 시장에 저렴한 가격으로 판매하는 성장전략이 추구되었다. 이러한 배경에서 당시의 기술활동은 해외연수의 형태로 선진국에서 기술을 도입하여 그것을 생산현장에서 재현하는 가운데 부분적인 개량을 도모하는 형태를 띠고 있었다. 이에 따라 1970년대의 기술활동은 생산현장의 기술 및 기능인력에 크게 의존했으며 자체적인 연구개발을 통한 기술발전은 본격적으로 추진되지 못했다. 1980년을 전후하여 포항제철은 종합실수율, 에너지원단위, 1인당 제품생산량 등에서 일본을 제외한 다른 선진국을 능가하는 성과를 보였지만 제품기술의 경우에는 고급강 생산을 위한 기술축적과 국내 수요가 미약하여 보통강 중심의 생산이 이루어졌다 (송성수, 2000: 57-136).

2.1 해외연수의 과정 및 특징

1970년대에 포항제철이 제철소 건설 및 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 (포항제철, 1975: 526). 당시 국내 철강업계에서 축적된 기술은 특정한 공정에서 소규모 설비를 가동하거나 국한되어 있었으므로 대규모 일관제철소를 운영하는 데 필요한 기술습득은 외국에 의존할 수밖에 없었다. 물론 포항제철은 초창기에 기존 철강업계 출신의 기술자들을 계속해서 충원했지만, 그들이 보유하고 있었던 지식기반은 대규모 일관제철소에 그대로 적용될 수 없는 것이었고 추가적인 훈련과 경험을 통해서 다시 구성되는 과정을 거친 이후에야 실질적으로 기여할 수 있었다.

해외연수는 준비교육, 본 교육, 사후관리의 단계를 거쳐 전개되었다. 포항제철은 해외연수 후보자를 2배수로 선정한 후 준비교육 결과에 따라 절반을 탈락시킴으로써 해외연수 대상자를 엄선하였다. 준비교육의 내용에는 일상회화 및 철강용어에 대한 외국어 교육, 철강산업에 대한 기초지식, 외국에서의 교육방법 및 태도, 외국의 역사 및 지리에 대한 상식, 해당 분야의 전문지식이 포함되어 있었다. 해외연수요원이 선발되면 해당 분야별로 팀을 구성하여 해외연수의 목표를 구체적으로 설정한 후 훈련중점사항에 대한 교육이 집중적으로 실시되었다

(포항제철, 1975: 527-531). 더 나아가 포항제철은 해외연수요원이 연수기관으로 출발하기 전에 “현재 자신이 맡은 일이 회사와 국가를 위해서 얼마나 중요한 일인지”에 대하여 정신 교육을 실시하였고 “연수기관과의 계약사항인 커리큘럼이나 일정표에 구애받지 말고 맨투맨 작전으로 상대방의 기술을 빠짐없이 배워 오라”는 주문을 하기도 했다.³⁾

포항제철의 해외연수에서 가장 많은 비중을 차지했던 집단은 신일본제철(新日本製鐵)과 일본강관(日本鋼管)으로 구성된 JG (Japan Group)였으며 당시에 일본은 포항제철에게 기술을 전수하는 데 적극적으로 협조하였다. 예를 들어 1969년에 무로란(室蘭)제철소에서 연수를 받았던 김기홍은 “일본 철강업계의 거두들이 친히 와서 명강의를 했고” “일본 사람들 특유의 치밀함과 친절 덕분에 3개월 후에는 제법 철강이 이런 것이구나 하는 개념을 이해하게 되었다”고 회고했으며 (이호 엮음, 1998: 264-265), 1972년에 제강부 계장으로서 일본강관에서 연수를 받았던 홍상복은 “일본강관이 형님뻘인 신일본제철에 뒤지지 않기 위하여 더욱 성심껏 기술을 지도하면서 연수생이 요구하는 자료는 거의 제공하였다”고 회고하였다. JG의 관계자들은 제철소 조업과 관련된 개인적인 경험담을 들려주거나 규범, 규격, 매뉴얼 등 각종 자료를 만들어 주었으며 연수요원들이 실제 작업에 참여하여 훈련을 받을 수 있는 기회를 제공했는데 연수가 완료되는 시점에서는 포항제철의 연수요원을 중심으로 해당 공장의 조업이 실시되었다.

포항제철의 해외연수요원들은 교육훈련에 강한 열의를 가지고 적극적으로 참여하였다. 그들은 교육내용을 자세히 기록하면서 강사들에게 끊임없이 질문을 제기했으며 그래도 이해가 되지 않는 내용은 “언젠가는 큰 도움이 될 것”이라는 생각으로 무조건 암기하였다 (이호 엮음, 1998: 159). 또한 그들은 제철소 운영에 도움이 될 만하다고 판단되는 자료들은 그 내용을 잘 알지 못하면서도 있는 대로 수집하고 복사하였다. 이와 관련하여 JG의 기술자들은 “그들이 일본에 오기 전에 회사에서 자료를 많이 받아 올 것을 명령받고 있었던 것 같다” 혹은 “그들의 입장에서 가지고 가는 자료의 두께가 연수실적에 비례한다는 공식을 가지고 있었다”고 회고하였다 (有賀敏彦 外, 1997: 154, 168). 더 나아가 포항제철의 해외연수요원들은 현장실습으로 부족한 부분에 대해서는 JG의 담당 기술자들과 개인적인 친분을 쌓는 비공식적인 방법을 통해 보충하였다. 예를 들어 포항제철 초창기에 열연분야의 연수팀을 인솔했던 김종진은 “우리 기술진들은 일본 기술자들한테 술값이 엄청 들어갔을 정도로 수단방법

3) 고(故) 이병철 삼성그룹 회장은 포항제철의 해외연수에 대하여 다음과 같은 일화를 소개하고 있다: 언젠가 박희장이 직원들을 일본에 연수 보내면서 훈시하기를 “여러분은 각자 맡은 분야의 기술을 남김없이 습득해 와야 한다. 그러나 그것만으로는 부족하다. 그 이외에 다른 기술 한 가지 이상씩을 가지고 오라. 그렇지 않으면 귀국 후에 나를 다시 불쌍하게 생각하지 마라”고 했다 한다. 연수생들은 연수를 마치고 돌아온 뒤 하나같이 박희장에게 와서 약속대로 자기가 맡은 과목외의 기술 한 가지씩을 내놓더라는 것이다 (박태준, 1987: 238).

을 가리지 않고 접근하였고 ... 설계도만 보면 정신을 번쩍 차리고 주머니에 쑤셔 넣거나 눈에 담곤 하였다”고 회고하였다 (이호, 1992: 239-240). 해외연수팀은 정규 교육이 끝난 뒤에도 개인적인 시간을 제약하면서 교육내용과 자료를 정리하여 기록하는 것은 물론 당일 교육의 성과에 대한 토론회를 개최하여 문제점을 발굴하고 이에 대한 대책을 세우는 작업도 지속적으로 추진하였다.

1972년에 진행된 고로 조업에 관한 JG 연수는 포항제철의 해외연수가 가진 또 다른 특징을 보여준다. 첫째, 당시에 국내에서는 고로 조업에 대한 경험이 특히 부족했기 때문에 포항제철 제선부는 가능한 한 많은 직원이 해외연수의 기회를 가질 수 있도록 변칙적인 방법을 동원하는 데에도 주저하지 않았다. JG와의 기술용역계약에서는 작업장 (作業長) 1명당 6개월씩 연수를 실시하기로 되어 있었으나 포항제철 제선부는 조로기술원 (操爐技術員)이라는 부 (副)작업장 직제를 추가적으로 편성하여 연수인원을 증가시켰다. 둘째, 포항제철 제선부의 연수요원들은 연수 중에 발생한 사고를 기회로 전환시켜 원래 계획에는 없었던 훈련을 받았다. 당시 연수기관이었던 가마이시 (釜石)제철소에서는 노황부조 (爐況不調) 현상으로 쇳물과 슬래그가 넘쳐 나와 노열이 급격히 떨어지고 노내 용융물의 흐름이 지연되는 사고가 발생하였다. 연수생들은 노황부조 사고를 복구하는 방식을 배울 수 있는 소중한 기회로 생각하고 일본 측을 설득하여 실제 상황에서 팀워크 훈련을 할 수 있었다. 이러한 과정을 거쳐 당시의 해외연수에 참여했던 요원들은 포항제철소에서 1년 동안 조업을 경험한 후에 2명이 하던 작업도 혼자서 담당할 정도로 고로를 원숙하게 통제할 수 있었다 (이호 엮음, 1998: 288-291).

포항제철은 해외연수요원들을 체계적으로 관리하고 활용함으로써 교육훈련의 효과를 극대화하고자 했다. 해외연수의 관리와 관련하여 도착보고 및 결과보고가 의무적으로 실시되는 것은 물론 2개월 이상 장기 연수의 경우에는 월 2회의 중간보고와 귀국예정보고가 추가되었다. 또한 해외연수요원들은 자신의 전문 분야에 보직되었으며 2년 동안 포항제철에 의무적으로 근무해야 했다. 이러한 인사상의 조치보다 더욱 중요한 것은 포항제철이 연수자료의 축적과 전파교육 (傳播教育)의 실시도 해외연수요원의 임무에 포함시킴으로써 해외연수의 결과를 적극적으로 활용했다는 점을 들 수 있다. 해외연수요원들이 가져온 각종 자료들은 거의 모두 마이크로 필름으로 제작되어 직원 교육을 실시하거나 기술계획을 수립할 때 활용되었고, 해외연수요원들은 전파교육을 통해 자신의 구체적인 경험과 신선한 아이디어를 전달하는 데 많은 노력을 기울였다 (포항제철, 1975: 531; 포항제철, 1979a: 165-166). 이처럼 포항제철은 해외연수요원이 새롭게 충원되었던 인력에게 전파교육을 실시하는 방법을 통해 공장이 완공되기 전까지 1일 3교대 근무에 필요한 조업요원을 구성할 수 있었다 (정명식, 2001: 192).

2.2 기술이전의 성격

포항제철이 해외연수를 통해 획득했던 대부분의 기술은 공장조업에 관한 것으로서 선진국에서는 이미 표준화된 성숙기술에 해당하였다. 일본 및 구미국가의 경우에는 1960년을 전후하여 대형 고로, LD (Linz-Donawitz) 전로, 연속식 압연기를 도입하였고 1960년대 중반에는 이에 대한 조업기술을 충분히 확립하고 있었던 것이다. 이처럼 포항제철의 해외연수는 성숙기술을 대상으로 했기 때문에 기술의 습득이 상대적으로 용이하였고 빠른 시일 내에 가시적인 성과가 유발될 수 있었다. 그러나 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 포항제철에 대한 기술이전이 성숙기술을 주요 대상으로 삼고 있었다는 사실을 바탕으로 기술협력의 의미를 축소하는 것은 부당한 평가로 판단된다. 이와 관련하여 변형운은 포항제철의 기술도입이 설비운영 및 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 (변형운, 1980: 125, 128-129). 그것은 포항제철이 1970년대의 해외연수를 통해 습득했던 기술의 특성을 명확히 하고 있지만 설비체화기술은 제철소를 실제로 가동하면서 점진적으로 축적되는 성격을 띠고 있다는 점에서 무리한 견해라 할 수 있다. 기술이전의 형태를 기술이전이 요구되었고 실제로 이전된 경우, 기술이전이 요구되었지만 이전을 회피한 경우, 기술이전이 요구되지 않았던 경우로 구분한다면 조업기술은 첫 번째 사례에, 설비체화기술은 세 번째 사례에 해당하는 것이다.

일본의 기술이전이 가진 문제점은 두 번째 사례에 해당하는 전산 및 품질과 같은 고급기술의 이전을 상대적으로 기피했다는 점에서 찾을 수 있다. JG는 기술용역계약을 체결하면서 “전산화에 관한 협력은 제외한다”고 명기하였고 “품질에 관한 것은 한 마디도 언급하지 않았던” 것이다 (이호 역음, 1998: 221; Amsden, 1989: 309). 이처럼 JG는 공식적으로는 전산 및 품질에 관한 기술협력을 거부했으나 해외연수를 부분적으로 수용하고 포항 현장에서 관련 기술을 지도함으로써 전산 및 품질에 관한 기술습득을 간접적으로 지원하는 역할을 담당하였다. 예를 들어 1971년에는 수작업 공정관리에 국한되었지만 생산관리 요원의 JG 연수가 실시되었고 1972년에는 JG 연수의 일환으로 품질관리 요원 3명이 파견되었으며 이를 통해 확보된 자료는 포항제철이 생산관리 및 품질관리의 체계를 구축하는 출발점으로 작용하였다.

JG가 전산 및 품질에 관한 기술이전에 공식적으로 협조하기 시작했던 것은 1970년대 중반이었다. 신일본제철은 1975~77년에 신일본제철이 열연공장 전산화에 대하여, JG는 1976~79년에 생산 및 품질관리에 대하여 기술지도를 실시했던 것이다 (한국산업기술진흥협회, 1995: 471-472).

또한 일본이 모든 시기에 걸쳐 기술이전에 적극적으로 협조한 것도 아니었다. 일본은 처음에는 기술을 전수하는 데 많은 노력을 기울였지만 1970년대 후반부터는 기술이전에 소극적인 자세를 보이기 시작하였다. 일본은 포항제철이 “아주 뒤떨어진 거리에서 따라오는 것”을 염두에 두고 있었지만, 포항제철의 규모와 생산성이 점차적으로 향상되면서 잠재적인 경쟁자로 부상하게 되자 이를 견제하기 시작했던 것이다. 그것은 신일본제철의 기술협력사업부장이었던 아리가 (有賀敏彦)가 1976년에 “포항제철의 경우만큼 두 나라 기술진 사이에 완전한 의미의 협력이 이루어진 케이스는 없었다”고 평가했던 반면 (조선일보, 1976. 11. 23), 1978년에는 신일본제철의 사이토 (齊藤英四郎) 사장이 “포철의 기술흡수력이 너무 뛰어나 일본과의 경쟁을 걱정하는 사람도 있다”고 언급했다는 점에서 확인할 수 있다 (조선일보, 1978. 12. 13). 일본의 포항제철에 대한 견제는 포항제철에서 생산된 제품이 1970년대 후반부터 일본 시장에 본격적으로 진출하면서 더욱 심화되었고, 1980년대 초반에 광양제철소 건설사업이 추진될 때에는 일본이 공식적인 기술협력을 거부하는 입장을 보였다 (송성수, 2000: 154-159).

2.3 사전훈련 및 공장가동을 통한 기술습득

포항제철은 해외연수를 통해 조업에 필요한 지식을 획득하는 한편 공장 가동에 체계적으로 대비함으로써 정상조업도를 조기에 달성하고자 하였다. 이를 위하여 건설공사가 끝난 뒤에 별도로 조업 및 정비 조직을 구성하는 것이 아니라 처음부터 조업요원 및 정비요원을 편성하여 조업요원이 건설공사를 주관하고 정비요원이 공사감독을 담당하는 체제가 구축되었다. 그 결과 조업 및 정비요원은 공장이 건설되는 단계에서 이미 해당 설비의 내용을 숙지할 수 있었고 그것은 원활한 공장조업과 설비관리를 도모할 수 있는 기반으로 작용하였다 (포항제철, 1975: 341). 또한 포항제철은 공장이 완공되기 전에 설비를 시험적으로 가동하는 과정을 거치게 함으로써 설비의 결함으로 인하여 발생할 수 있는 문제점을 사전에 제거하고자 하였다. 더 나아가 포항제철은 제철소가 가동되기 전에 조업대비 훈련을 적극적으로 실시하였다. 예를 들어 제선공장의 경우에는 1973년 2~5월에 56명의 조업요원을 대상으로 전문 교육, 실기 및 팀워크 훈련, 종합훈련의 3단계에 걸쳐 조업대비 훈련이 실시되었다 (포항제철, 1975: 608-613).⁴⁾

해당 설비가 가동된 후의 조업은 각 공정별로 해외연수를 받았던 대졸 엔지니어가 책임을 맡고 다른 기술자 및 기능공이 보조원의 역할을 담당하며 일본의 기술자가 자문을 제공하는 방식으로 진행되었다. 그러나 해당 설비가 가동된 후 정상조업의 단계에 진입하는 것은 쉬운 일이 아니었다. 예를 들어 제선공장에서는 1973년 6월 11~14일에 누수(漏水)로 인해 조업이 중단되는 냉입(冷入)사고가 발생하였다. 포항제철의 직원들은 출선구에 문제가 있는 것으로 판단하고 순간적으로 단수를 한 후 급수 중에 물감을 탄 물을 주입하는 “물감 테스트”를 실시했지만 누수 지점을 찾을 수 없었다. 이러한 상황을 타개하는 데에는 신일본제철의 퇴직기술자로서 제선공장의 기술고문으로 있었던 핫도리(服部)가 중요한 역할을 담당하였다. 당시에 많은 사람들은 출선구에서 누수 현상이 발생하는 것으로 간주하고 있었지만 핫도리는 배수 지점을 압력계로 점검한 후 출선구가 아닌 송풍구에 이상이 있다는 점을 확인하였다. 또한 고로의 온도를 낮추기 위하여 해수(海水)를 사용하자는 견해도 있었지만 핫도리는 담수(淡水)를 그대로 사용해도 무방하다는 의견을 제시하였다. 핫도리의 적절한 조언을 바탕으로 포항제철의 직원들은 냉입사고를 원활하게 수습할 수 있었고 그러한 과정에서 현장문제해결(trouble-shooting)에 대한 능력을 배양할 수 있었다.

이러한 일본 기술자의 협조에 못지 않게 중요한 것은 포항제철 직원의 자세에서 찾을 수 있다. 그들은 교대 근무시간에도 퇴근하지 않고 하루에 16시간 이상 현장에 상주하면서 원활한 공장가동을 도모했으며 조업상의 문제점과 대책에 대하여 스스로 연구하고 그 결과를 동료들과 공유하였다. 또한 포항제철의 직원들은 조업현장에서도 해외연수의 경우와 유사한 방식으로 일본 기술자로부터 기술을 전수받는 데 적극적인 노력을 기울였다. 그들은 보다 많은 지식을 획득하기 위하여 일본 기술자의 “발언 내용을 남김없이 기록”했으며 퇴근한 이후에도 일본 기술자와 접촉하여 많은 정보를 교환하였다(有賀敏彦 外, 1997: 67). 특히 당시 조업현장에서는 일본 기술자와 포항제철 직원 사이에 파트너십이 형성되어 있었기 때문에 개인적인 친분에 입각한 비공식적인 기술학습이 촉진되었다.

공장가동 초기의 사고가 수습되고 직원들이 공장조업에 익숙해지면서 포항제철의 조업기술 수준은 빠른 속도로 향상되었다. 제선공장의 경우에 JG는 포항제철소의 1고로와 규모가 비슷한 일본 제철소들의 조업도를 감안하여 1일 출선량(出銑量)이 설계용량에 도달하는 기간을 설비 완공 후 12개월로 조언했지만, 포항제철은 6개월 내에 정상조업도를 실현하는 것을 목표로 삼았고 실제적으로는 그 기간이 107일로 단축되었다(포항제철, 1975: 603-604).

4) 이와 관련하여 박태준은 서갑경과의 인터뷰에서 “우리가 (조업 1년만에) 이익을 낼 수 있었던 또 하나의 요인은 설비를 조기에 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(Seo, 1997: 320).

또한 전로가 가동된 지 5개월 후의 출강률(出鋼率)은 1일 m²당 1.5~2.0톤으로서 JG가 제안했던 1.0톤을 크게 넘어섰으며, 열연공장의 실수율은 조업 1개월 후에 50%, 5개월 후에 90%로 계획되었지만 실제적으로는 조업 1개월 후에 92.6%를 기록하였다(포항제철, 1975: 659-660, 696-701). 공장이 정상적으로 가동되면서 외국 기술자에 대한 의존도가 현저히 감소되었고 4~5개월 정도의 조업경험이 축적된 이후에는 현장 노하우가 충분히 습득될 수 있었다.

포항제철의 조업기술은 이후에도 지속적으로 향상되어 1980년 경에는 세계적 수준의 생산성이 확보되었다. 1978년을 기준으로 종합실수율은 81%로서 일본의 85%에는 뒤떨어졌지만 미국, 서독, 프랑스, 영국을 앞서고 있었다. 에너지원단위에서는 1978년에 583.5 kcal를 기록하여 일본을 제외한 다른 선진국보다 효율적으로 에너지를 사용하고 있었다. 제품 1톤당 노동시간은 1980년 및 1981년에 각각 10.4시간과 9.7시간으로서 미국 및 일본보다는 길었지만 유럽 국가보다는 짧았다(<표 2> 참조). 당시에 미국, 일본, 서독, 프랑스, 영국이 자유세계의 5대 철강국이었다는 점에 감안한다면 포항제철의 생산성은 일본을 제외한 다른 선진국을 능가하는 것이었다고 볼 수 있다.

<표 2> 1980년 경 주요국 철강산업의 생산성 비교

구 분	기준년도	미국	일본	서독	프랑스	영국	포항제철
종합실수율 (%)	1978년	72	85	75	77 (EC 전체)		81
에너지원단위 (만kcal/톤)	1978년	765.0	514.1	630.0	627.5 (EC 전체)		583.5
제품 톤당 노동시간 (시간/톤)	1980년	9.6	9.2	11.0	11.2	41.2	10.4
	1981년	9.1	9.5	11.0	11.3	41.9	9.7

자료: 남종현 외 (1983: 19-20); 서울대 사회과학연구소 (1987: 358).

포항제철이 빠른 속도로 조업기술을 습득할 수 있었던 중요한 요인은 기술 및 기능인력을 관리하는 정책에서 찾을 수 있다. 우선, 우수한 공과대학을 졸업한 대졸 엔지니어들이 제철소 현장의 반장 (foreman)으로 배치되어 공장 가동을 직접 담당하게 하는 정책이 구사되었다. 당시에 대졸 엔지니어와 같은 우수한 직원들을 일반 관리직이 아니라 생산 분야의 반장으로 활용했던 것은 특이한 일로서 그들은 교육훈련을 통해 획득한 지식을 효율적으로 현장에 적용했을 뿐만 아니라 창의적인 제안을 통해 기술을 개선하는 데 크게 기여하였다(변형운, 1980: 131). 또한, 포항제철은 기능이 “정스러운” 경지에 도달한 사람들을 특별히 대우하

는 기성 (技聖, Saint Technician)제도를 구축하였다. 한국 정부가 1970년대 중반에 추진했던 기능장 우대 정책이 기업의 성의부족으로 무위로 그쳤던 반면 포항제철은 기능인력이 경력을 발전시킬 수 있는 통로를 제도화하고 기성단을 파격적으로 대우함으로써 기능인력의 능력개발을 촉진하는 데 크게 기여하였다 (포항제철, 1989: 668-669).

포항제철은 조업기술을 확보하는 것 이외에도 설비 및 기술을 개선하는 데에도 많은 노력을 기울였다. 외국에서 도입된 설비를 생산 현장에서 활용하는 과정에서는 설비제공자에 의해 해답이 주어지지 않은 수많은 문제점이 발생하게 되며, 그것에 대한 해결방안이 모색되면서 생산 현장의 여건에 적합하도록 설비 및 기술을 변용하거나 개선하는 작업이 이루어지는 것이다. 1970년대에 이루어졌던 기술개선은 주로 원가절감을 위하여 해당 설비를 간단하게 개조하고 설비 조작 방법을 부분적으로 변경하며 몇몇 장치를 추가적으로 설치하는 성격이 띠고 있었다 (박우희·배용호, 1996: 175-189). 이러한 차원의 기술개선만으로도 공장을 효율적으로 가동하고 생산성을 향상시키는 효과를 거둘 수 있었지만 설비에 체화된 기술을 이해하여 설비를 근본적으로 개선하는 작업은 거의 시도되지 못했다.

이상의 논의에서 보듯이 1970년대 포항제철의 기술활동은 선진국에서 이미 광범위하게 적용되고 있었던 표준화된 기술을 습득하는 것을 중심으로 전개되었다. 즉 기술습득 단계의 기술능력 발전과정은 선진국의 기술체계 (technical system) 및 그것의 구성요소를 그대로 수용하여 포항제철소라는 다른 공간에서 활용하는 특징을 가지고 있었던 것이다. 물론 기존의 기술체계를 생산현장에 빠른 속도로 현실화하고 기술체계의 구성요소를 부분적으로 개선하는 성과가 있긴 했지만 그것이 새로운 구성요소 및 기술체계의 개발로 이어진 것은 아니었다. 이러한 의미에서 1970년대의 기술활동은 기존의 기술체계 및 구성요소를 효과적으로 재현하는 데 초점이 주어졌다고 평가할 수 있다.

3. 1980년대 기술추격의 특징 및 사례

1980년대에는 포항제철소의 설비합리화 사업과 광양제철소 건설사업이 추진되었으며 그것은 당시에 시험적인 차원에서 개발되었던 새로운 설비들이 제철소 현장에 실제적으로 적용되는 계기로 작용하였다. 1980년대에 포항제철은 국내 시장은 물론 해외 시장에도 본격적으로 진출했으며 국내외 수요의 고도화를 배경으로 생산성 향상 및 제품의 고부가가치화에 체계적인 노력을 기울이기 시작하였다. 이러한 사업전략을 바탕으로 1980년대에는 기업체질 강화계획 및 기술발전계획과 같은 기술능력의 발전을 도모하기 위한 전사적 (全社的) 차원

의 계획이 수립되는 가운데 포항제철, 포항공대, RIST (Research Institute of Industrial Science and Technology)를 잇는 산학연 협동체제가 구축되었다.⁵⁾ 1990년대 초에 포항제철은 일본보다 우수한 조업기술을 바탕으로 가격경쟁력에서 세계 1위의 철강업체로 부상하였고 열연제품의 품질도 세계 최고의 수준을 확보했지만 냉연제품의 기술수준과 고급강 생산비율은 일본의 3/4 정도에 머물렀다 (송성수, 2000: 137-209).

3.1 기술추격의 과정 및 특징

포항제철은 1970년대에 널리 채택된 기술을 전반적으로 습득하는 모방자 (imitator)의 성격을 띠고 있었지만 1980년대부터는 선진적인 기술혁신에 대하여 기민하게 대응하는 빠른 추종자 (fast follower)의 자세를 견지하기 시작하였다.⁶⁾ 1980년대에는 첨단 설비가 대폭적으로 도입되고 고급 강 개발이 본격적으로 모색되면서 이와 관련된 기술을 확보하는 것이 중요한 과제로 부상했지만, 그러한 기술들은 선진국에서 이전을 기피하거나 외국의 선진 제철소에서도 적용되기 시작하는 단계에 있었다. 이러한 기술환경의 변화로 인하여 과거와 같이 기술을 일괄적으로 제공받기는 매우 어려워졌고, 해당 기술을 자체적으로 개발하여 선진 기술을 조기에 추격하는 것이 중요한 과제로 부상하였다. 이에 따라 1980년대 이후에는 기술을 부분적으로 도입하여 이를 포항제철에 적합한 형태로 완성하거나 외국으로부터의 공식적인 기술도입 없이 자체적으로 개발하는 사례가 크게 증가하였다.

이러한 과정에서는 당시 세계 최고의 철강기술국이었던 일본을 추격 혹은 추월하는 것이 중요한 기준으로 작용하였다. 공식적인 문헌이나 비공식적인 접촉을 통해 일본이 달성했던 기술적 업적이 알려지면 그것을 극복하기 위하여 수많은 노력이 기울여졌다. 이와 관련하여 1980년대를 통하여 포항제철의 설비기술본부장과 기술담당 부사장 등을 역임했던 백덕현은 다음과 같이 지적하였다. “철강기술강국인 일본이 옆에 있어서 많은 자극을 받았으며 그것을 극복하는 것이 절대절명의 과제로 간주되었다. 특히 일본이 달성한 기술적 업적이나 생산성에 대한 지표는 결과로만 알려졌기 때문에 우리는 그에 상응하는 기술수준을 달성하기 위해

5) 포항제철의 연구개발조직은 1977년에 기업부설연구소의 형태로 포항제철기술연구소가 설립된 후 1987년에 독립법인 형태의 산업과학기술연구소 (RIST)로 확대·재편되었으며, 1990년대 중반에 연구개발체제에 대한 두 차례의 구조조정 작업이 전개되는 것을 배경으로 1994년에 포스코기술연구소 (POSLAB)가 RIST에서 분리·독립되었고 1996년에는 RIST가 포항산업과학연구원으로 개칭되었다.

6) 이러한 개념은 Zahra, et al. (1994)이 제안한 기술전략의 유형을 포항제철의 경우에 적용시킨 것이다. Zahra 등은 특정한 조직이 기술혁신에 대하여 취하는 전략의 유형을 ① 신기술을 최초로 창출하는 최초진입자 (first-to-the-market), ② 선진적인 기술혁신에 기민하게 반응하는 빠른 추종자 (fast follower), ③ 널리 채택된 기술을 전반적으로 습득하는 모방자 (imitator), ④ 기존의 기술을 특정한 분야에서만 응용하는 응용지향자 (application-oriented)로 구분하고 있다.

수많은 노력을 했다. 이러한 방식에 입각한 일본과의 경쟁은 포항제철의 기술노력에 가장 중요한 추동력으로 작용하였다.” 따라서 일본은 1980년대부터 기술이전을 기피하기 시작함으로써 포항제철의 기술수준 향상에 직접적으로 기여하지는 못했지만, 기술적 업적에 대한 정보를 통하여 포항제철의 기술활동에 많은 자극과 위기를 제공하는 간접적인 역할을 담당했다고 평가할 수 있다.

포항제철은 1980년대에 들어와 기술추격에 필수적인 선진 기술정보를 획득하기 위하여 각종 문헌 및 자료를 조사하고 분석하는 작업을 본격적으로 전개하였다. 그러한 작업은 1981년 10월에 신설되었던 기술발전부가 기술연구소와 공동으로 추진하였고 1987년에 RIST가 설립되면서 더욱 체계화되었다. 포항제철과 RIST는 기술정보에 대한 수집 및 분석을 바탕으로 제선, 제강, 제어, 에너지, 강재, 특수강, 용접, 표면처리 등의 모든 부문에 걸쳐 연구개발활동에 필요한 참고자료를 지속적으로 발간하였다. 문헌조사로 포괄되지 않는 부분은 해외연수 및 기술교류를 통해 보완되었다. 1980년대의 해외연수에서는 포항제철의 기술수준이 향상됨에 따라 기술연수의 중요성이 점차적으로 감소되는 가운데 선진업체의 기술동향 및 경영실태를 파악하기 위한 해외체험교육의 비중이 크게 증가하였다. 해외연수요원들은 귀국 후에 기술동향을 중심으로 한 연수보고서를 작성하여 제출하였고 그것은 선진업체의 기술수준 및 성과를 검토할 수 있는 자료로 활용되었다. 또한 1979년부터 외국 철강업체와의 업무협정을 바탕으로 기술을 교류하는 공식적인 제도가 구축되었다. 그것은 해당 분야 별로 기술자를 교환하고 기술간담회를 개최하는 방식으로 전개되었으며 새로운 기술정보를 획득하는 통로로 활용되었다 (포항제철, 1993b: 242-243).

1980년대에 선진 철강업체들은 포항제철을 견제하기 시작하면서 기술정보를 제공하는 데 인색한 모습을 보였다. 이에 따라 실질적인 기술정보를 획득하는 과정에서는 “도용”(盜用)이라고 칭할 수 있는 방법이 동원되는 경우가 많았다.⁷⁾ 예를 들어 포항제철의 해외연수요원들은 연수기관이 적극적으로 협조하지 않는 상황에서 기밀 자료를 몰래 복사하고 자료 및 설비에 대한 사진을 찍기도 했다. 또한 개인적인 친분관계를 통해 자료를 수집하거나 설비를 관찰하여 기술정보를 획득하는 방법도 널리 활용되었고 그것은 포항제철의 기술기획 및 기술개발에 크게 기여하였다. 이와 관련하여 1983년부터 설비계획2부장으로 포항 2냉연공장과 광양 3냉연공장에 대한 기술기획을 담당했던 심장섭은 1982년에 사적인 친분을 통해 히로하다(廣畑)제철소의 냉연공장을 견학했던 것이 최신에 공장을 설계하는 데 많은 도움이 되었다고 지적하였고 (이호 엮음, 1998: 149-152), 1981년부터 기술연구소 및 RIST에서 근

7) 이와 관련하여 선우정 (1999: 116)은 “1980년대에 들어 포항제철의 성장에 따른 부메랑 효과가 가시화되자 일본을 추가적인 기술공여를 중단하였다. 이 때부터 포항제철은 설비와 기술을 개량하는 노력을 본격화했으며 해외지사를 통한 선진국 설비의 훔쳐보기 기술습득도 병행되었다”고 지적한 바 있다.

무했던 신영길은 비공식적인 방법으로 연주조업에 관한 데이터와 연주설비에 대한 사양을 확보할 수 있었으며 그것은 포항제철의 연주기술을 향상시키는 기준으로 작용했다고 평가하였다. 이와 같은 자료 수집이나 설비 관찰이 효과적으로 활용될 수 있었던 것은 포항제철이 이미 상당한 지식기반을 확보하고 있었기 때문이었다.

이러한 방법을 통해 획득한 기술정보를 바탕으로 포항제철이 기술을 개발하는 과정에서는 많은 시행착오가 수반되었다. 처음의 계획대로 기술개발이 성공하는 사례는 많지 않았으며 실패한 원인을 분석하고 다시 시도하는 과정을 반복함으로써 원하는 성과가 도출될 수 있었던 것이다. 아울러 몇몇 기술과제에서는 요소기술의 개발이 지연되면서 병목 현상이 유발되기도 했는데 그러한 경우에는 추가적으로 정보를 획득하여 다시 개념을 정립하는 작업이 병행되었다. 이러한 시행착오는 포항제철의 기술진으로 하여금 해당 기술의 특성을 이해하고 기술개발에 대한 노하우를 획득할 수 있는 기회를 제공했으며, 이에 따라 문제점이 발생하는 비율이 점차적으로 감소하고 그것의 원인이 체계적으로 규명될 수 있었다.

포항제철은 기술개발을 효과적으로 추진하기 위하여 핵심적인 기술과제를 대상으로 태스크포스팀(task force team, TFT)을 구성하여 집중적으로 관리하는 방법을 활용하였다. 태스크포스팀은 기술개발기간과 시장진입기간을 단축시키기 위해 연구개발, 시제품개발, 양산 기술개발을 순차적으로 진행하지 않고 병렬적으로 추진하였다. 또한 태스크포스팀은 포항제철은 물론 RIST, 포항공대, 수요업체를 포괄하는 경우가 많았기 때문에 보다 종합적인 차원에서 문제점을 해결할 수 있었으며, 이를 통해 기술혁신 관련 집단이 공동연구개발을 추진할 수 있는 분위기가 조성되었다. 포항제철은 태스크포스팀을 운영하면서 해당 목표를 단기간에 달성한 조직에게 파격적인 상금을 부여하고 이를 적극적으로 홍보하는 전략을 구사함으로써 조직간 경쟁을 유발하고 기술개발속도를 가속화시켰다. 이에 따라 해당 구성원들의 노동강도는 매우 높아졌지만 그것은 포항제철이 짧은 기간에 선진기술을 추격하는 데 크게 기여하였다.

특히 여러 영역에 걸쳐 있는 기술과제의 경우에는 해당 조직이 모두 참여하는 방법이 사용되어 관련 기술의 균형적인 개발이 도모되었다. 예를 들어 1985~87년에는 선진국에서 기술이전을 기피했던 자동차용 초심가공용 강판(extra deep drawing steel)의 생산에 필요한 요소기술을 개발하는 활동이 제강, 연주, 열연, 냉연 부문에서 동시에 전개되었다. 초심가공용 강판을 제조하기 위해서는 탄소 및 인의 함유량이 25ppm 이하가 되어야 하는데 제강 및 연주 부문에서 탈가스 설비를 보완하고 취련 및 탈탄 패턴을 정립하여 초심가공용 강판의 소재가 되는 IF강(interstitial element free steel)을 제조하는 기술이 확보되었다. 또한 열연 부문에서는 압연기의 모터 능력을 증가시키고 경로 및 속도를 조정하여 압연온도의 하락을 방지했으며, 냉연 부문에서는 연속속둔설비를 채용한 후 이에 적합한 열처리 패턴

을 도출하여 적용함으로써 재질 편차를 축소하고 결함 발생률을 감소시켰다. 이에 따라 1987년 말에는 전후공정간 요소기술이 완전히 확보되어 초심가공용 강판을 생산할 수 있는 준비가 갖추어졌고, 포항제철은 자동차업계와 강종개발위원회를 구성하여 초심가공용 강판을 개발하는 작업을 본격적으로 추진함으로써 1년만에 외국 제품에 못지 않은 가공품질을 재현할 수 있었다 (포항제철, 1993b: 76-77, 168-169).

3.2 1980년대 기술활동의 유형별 사례

1980년대에 포항제철이 전개했던 기술활동의 구체적인 유형은 외국에서 기술을 도입하여 더욱 발전시킨 경우, 선진국이 기술이전을 회피하여 자체적으로 기술을 개발한 경우, 포항제철에 적합한 기술이 국내 기술진에 의해 개발된 경우로 구분할 수 있다.

외국에서 기술을 도입하여 더욱 발전시킨 사례로는 미분탄취입 (微粉炭吹入) 기술과 슬래브 품질향상 기술을 들 수 있다. 포항제철은 1979년에 발생했던 제2차 석유파동을 계기로 연료비를 절감하기 위하여 1983년에 기존의 중유취입 조업을 올 코크스 (all coke) 조업으로 전환함과 동시에 저가의 일반탄을 고로에 직접 사용하는 미분탄취입 기술을 개발하는 작업에 착수하였다. 이를 위하여 1983년 4~8월에는 이시가와지마하리마중공업 (石川島播磨重工業, IHI)과 공동으로 시험설비를 설치하여 선철 1톤당 9kg까지 미분탄을 취입하는 데 성공하였고, 1984년 8월에는 미국의 암코 (Armco)와 기술용역계약을 체결하여 특허실시권과 기술자료를 도입하였다. 포항제철은 IHI와 함께 확립한 기초기술과 암코에서의 기술도입을 바탕으로 2년에 걸친 노력 끝에 미분탄취입 기술을 개발한 후 1987년 6월에 광양 1고로를 대상으로 미분탄취입을 적용하였다. 그 후에는 설비보완 및 기술개선이 지속적으로 전개되어 광양제철소의 미분탄취입비가 1987년의 36kg에서 1992년에는 105kg으로 향상되었고, 1991년 11월에는 광양 3고로에서 123.3kg의 미분탄을 취입함으로써 당시 일본의 최고 기록을 상회하기도 했다 (포항제철, 1993b: 46-48).

가속냉각법 (thermo mechanical control process, TMCP)은 앞서 언급한 초심가공용 강판과 함께 선진국에서 기술이전을 회피하여 자체적으로 개발한 사례에 해당한다. 선진 철강국들은 1980년대 초반에 가속냉각법을 개발하여 선박용 고장력강을 비롯한 가속냉각강재를 생산하기 시작했지만, 자국의 산업을 보호하기 위하여 가속냉각법에 대한 기술이전을 기피하는 것은 물론 국내 조선업계에 관련 제품을 공급하는 것도 중단하였다. 이에 포항제철과 기술연구소는 1986년부터 특별팀을 발족시키고 국내 조선업체와 강종개발위원회를 구성하면서 품질동향에 대한 정밀조사와 시험설비에 의한 사전연구를 실시하였다. 이를 토대로 1988년 11월에는 가속냉각설비를 설치한 후 최적의 제조기준을 정립하여 가속냉각강재를

자체적으로 개발하는 데 성공하였고, 설비 가동 6개월 후인 1989년 5월에는 인장강도가 50 kg/mm인 가속냉각강재를 대상으로 9개국 선급협회로부터 제조법을 승인받았다. 이어 1990~91년에는 송유관용, 저온 압력용기용, 건축구조용 고장력강 등으로 가속냉각기술을 적용하는 강종을 확대하면서 냉각시 온도 편차에 의해 강판이 변형되는 것을 방지하는 기술을 개발하였다 (포항제철, 1993b: 112-113, 170-171; 포항산업과학연구원, 1997: 401-402).

포항제철에 적합한 기술이 국내 기술진에 의해 개발된 사례로는 고로 조업의 전산화를 들 수 있다. 제선 부문에서는 1978년에 포항 3고로를 시작으로 전산기 조업을 실시되었지만 초기의 용도는 주로 데이터 수집이나 조업지수 계산과 같이 조업에 대한 정보를 효율적으로 확보하는 데 국한되어 있었다. 1983~84년에는 포항 3고로에서 노황부조 현상이 세 차례에 걸쳐 발생하는 것을 계기로 기존의 수식 모델로는 노내 상황을 정확하게 판단하는 데 한계가 있다는 점이 노출되었다. 이에 포항제철은 1984~86년에 고로의 내부상황을 측정할 수 있는 각종 센서의 정보를 분석하여 이를 종합적으로 판단하고 조업자에게 비(非)정상상태를 제시할 수 있는 노황판단 모델을 개발하였다. 그러나 고로의 사용년수가 증가하면서 노 내부의 변동상태를 예측하여 조업하는 것이 점차 어려워졌으며 조업자의 경험을 체계화하여 숙련 정도에 따른 차이를 해소할 필요성이 제기되었다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 포항제철, RIST, 포항공대는 인간의 경험적 지식을 구현할 수 있는 인공지능 시스템의 개발에 착수하여 1989~91년에 노내부 풍압변동 예측 시스템, 노황이상 진단 전문가 시스템, 노열제어 전문가 시스템 등을 잇달아 개발하였다 (포항제철, 1993b: 48-50, 59-60; 포항산업과학연구원, 1997: 385-386).

이처럼 1980년대의 기술활동은 1970년대에 비해 매우 다양한 형태를 띠고 있었지만 전체적으로는 기술혁신의 범위가 거의 모든 영역을 포괄하는 것으로 발전했다고 평가할 수 있다. 그것은 포항제철이 1981년과 1993년에 발간한 공식 자료가 기술개선의 사례로 제시하고 있는 내용을 비교해 보면 명확해진다. 즉 1981년의 자료는 몇몇 기술개선의 사례를 산발적으로 거론하고 있는 반면 1993년의 자료는 해당 기술을 포괄적이고 체계적으로 논의하고 있는 것이다 (<표 3> 참조).

이상의 논의에서 보듯이 1980년대 포항제철의 기술활동은 선진국의 제철소 현장에서 적용되기 시작했던 선진기술을 추격하는 것을 중심으로 전개되었다. 즉 기술추격 단계의 기술능력 발전과정은 선진국의 기술체계를 모델로 삼아 기술도입을 활용하거나 자체개발을 통하여 필요한 구성요소들을 확보하고 이를 통합하는 데 초점이 주어졌던 것이다. 그것은 새로운 기술체계를 창출하지 않았다는 점에서 1970년대와 동일했지만 기술체계를 구성하는 요소기술을 더욱 발전시키거나 스스로 개발했다는 점에서 1970년대와는 다른 성격을 띠고 있었다. 이러한 의미에서 1980년대의 기술활동은 기존의 기술체계 내에서 구성요소를 혁신하는 특징

을 가지고 있었다고 평가할 수 있다.⁸⁾

<표 3> 1970년대와 1980년대의 주요 기술개선 내역 비교

구 분	제 선	제 강	열 연
1970년대	<ul style="list-style-type: none"> - 계측 및 제어 기술 - 조업지수 관리 - 수명연장 대책 - 증유 취입량 감소 	<ul style="list-style-type: none"> - 고탄소강 취련패턴 확립 - 출강 후 슬래그 유입 방지 - 대형 슬로핑 발생 억제 - 잔괴율(殘塊率)의 안정 	<ul style="list-style-type: none"> - 가열로 고압배관 설치 - 조압연 실린더 Retainer 탈락 방지 - 냉각수 라인 개조
1980년대	<ul style="list-style-type: none"> - 보조연료 취입기술 - 장입물 분포제어 기술 - 고로조업 전산화 - 고로 노벽보수 기술 - 고로개수 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 용선 예비처리 기술 - 전로 조업기술 - 노외 정련기술 - 분체취입 기술 - 용강승온 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 가열로 연소제어 기술 - 치수 정도 향상기술 - 형상제어 기술 - 온라인 롤 연삭기술 - 재질예측 기술

자료: 포항제철 (1931: 189-190, 213-214, 230-231, 1993b: 46-54, 73-78, 101-106).

4. 1990년대의 기술창출: 차세대 혁신철강기술의 사례

1990년대에는 제철소 건설사업의 완료, 최고경영진의 잇따른 교체, 차세대 혁신철강기술의 등장 등과 같은 새로운 환경에 효과적으로 대응하는 것이 중요한 과제로 부상하였다. 포항제철은 1990년을 전후하여 중장기적 차원의 경영전략과 이에 연계된 기술전략을 수립하기 시작했으며, 그것은 현재에 당면한 과제를 해결하는 것을 넘어 향후에 발생할 과제에 효과적으로 대처하기 위한 미래지향적인 성격을 띠고 있었다. 1990년대의 기술전략은 저(低)원가 기술의 개발을 통해 가격경쟁력을 유지하고 제품구성의 고도화를 현실화하는 것은 물론 차세대 혁신철강기술을 개발하고 기술혁신의 영역을 확대하는 것에 초점을 두고 있었다. 1990년대 말에는 일본을 능가하는 세계 최고의 조업기술과 가격경쟁력이 유지되는 가운데 일본과 동등 혹은 다소 열위에 해당하는 제품경쟁력이 확보되었으며 세계 최초로 개발된 기술이나 포항제철 고유의 기술이 잇달아 출현하였다 (송성수, 2000: 210-241).

8) 이와 관련하여 Henderson and Clark (1990)은 기술혁신의 차원을 핵심개념과 구성요소로 구분한 후 두 가지가 그대로 수용된 상태에서의 혁신을 점진적 혁신 (incremental innovation), 기존의 핵심개념 하에서 구성요소에 변화가 있었던 경우를 모듈 혁신 (modular innovation), 핵심개념이 변화했지만 기존의 구성요소를 활용한 경우를 아키텍처 혁신 (architectural innovation), 핵심개념 및 구성요소 모두에 가지적인 변화가 있었던 경우를 급진적 혁신 (radical innovation)으로 분류하고 있다.

4.1 차세대 혁신철강기술에 대한 연구개발

1990년대의 기술활동 중에서 가장 가시적인 변화를 보였던 영역으로는 차세대 혁신철강기술의 개발을 들 수 있다. 차세대 혁신철강기술은 신(新)제선기술과 신(新)주조기술로 구분되며 전자에는 직접환원법(direct reduction)과 용융환원법(smelting reduction)이, 후자에는 박슬래브주조법(thin slab casting)과 박판주조법(strip casting)이 포함된다. 직접환원법은 고철의 공급 부족이 심화됨에 따라 고철대체재를 생산하기 위한 기술이고, 용융환원법은 용융 상태의 철광석을 환원하여 직접 선철이나 용선을 제조하는 방법이며, 박슬래브주조법은 연주공정과 열연공정의 일부를, 박판주조법은 연주공정과 열연공정의 전체를 통합한 것이다. 1980년대까지 철강산업의 기술혁신이 주로 설비의 대형화 및 공정의 자동화에 초점을 두었던 반면, 차세대 철강기술은 이전에 분리되어 있었던 공정을 생략하거나 직결화함으로써 에너지비용을 비롯한 제조원가를 대폭적으로 절감할 수 있는 이점을 가지고 있다 (<표 4> 참조).

<표 4> 차세대 혁신철강기술과 공정의 단축

구 분	코크스	소결	고로	제강	연주	열연			냉연
						가열로	조압연	사상압연	
용융환원법									
박슬래브주조법									
박판주조법									

주: 음영부분은 생략되거나 통합될 수 있는 공정임.

포항제철이 차세대 혁신철강기술에 대한 연구개발을 추진하는 과정에는 과거에 비해 현격히 증가된 투자가 동반되었다. 예를 들어 스트립캐스팅 프로젝트에는 1989~2000년에 817억원이 소요되었으며 용융환원 프로젝트의 경우에는 1990~2000년에 600억원이 투자되었다. 1980년대에는 대형 기술개발 프로젝트의 경우에도 십억 대의 금액이 소요되었던 반면 1990년대에 추진되었던 차세대 혁신철강기술에 대한 프로젝트에는 백억 대의 금액이 투자되었던 것이다. 백억 대의 금액은 1980년대를 통하여 포항제철이 1년간 연구개발에 투자했던 총 액수에 해당하는 것이었다. 이에 따라 막대한 연구개발자금을 조달하는 것이 중요한 과제로 부상했는데 용융환원 프로젝트는 정부로부터 222억원을 지원받을 수 있었던 반면 포항제철이 단독으로 전개했던 스트립캐스팅 프로젝트의 경우에는 많은 논란을 거친 후에야 최고경영진의 승인을 받을 수 있었다.

조직 및 인력의 측면에서는 프로젝트팀 형태의 조직이 구성되면서 우수한 연구개발인력이 충원되었다. 프로젝트팀은 1980년대에 구성되었던 태스크포스팀이 더욱 발전된 형태로서 태스크포스팀이 비교적 짧은 기간에 운영되었던 반면 프로젝트팀은 10년 이상의 장기적 안목에서 구성되었다. RIST는 1987년부터 제선연구부 및 제강연구부에서 용융환원법 및 신주조 기술에 대한 기초연구를 실시해 왔으며 1990년 3월 및 1991년 2월에 각각 스트립캐스팅 프로젝트팀과 용융환원 프로젝트팀을 발족시켰다. 이러한 프로젝트팀은 그것의 모태 조직인 연구부서와 동등한 위상을 가지고 있었으며 스트립캐스팅 프로젝트 팀장은 신영길 박사가, 용융환원 프로젝트 팀장은 1992년부터 이일옥 박사가 맡았다. 프로젝트팀의 연구원은 연구 경험이 풍부하거나 우수한 자질을 갖춘 박사급 인력을 중심으로 구성되었다.

차세대 혁신철강기술을 개발하는 작업은 1987년부터 추진되었던 기초연구의 일환으로 기술정보를 수집하는 것에서 시작되었다. 차세대 혁신철강기술의 경우에는 상업화에 성공한 선례가 거의 없었기 때문에 연구개발의 추진방향을 정립하는 데 많은 어려움이 수반되었다. 당시에 용융환원법이나 신주조기술은 몇몇 공법을 대상으로 상업화가 시도되는 단계에 있었으며 1989년의 시점에서도 확실한 성과가 도출되지 않고 있었던 것이다. 용융환원법의 경우에는 1985년 초에 오스트리아의 뢰스트(Vöest)가 코렉스(COREX: coal ore reduction)법을 개발한 후 1987년 11월에 남아프리카공화국 이스코르(Iscor)의 프레토리아(Pretoria) 제철소에 연산 30만톤 규모의 공장이 완공되었고 1989년 11월부터 정상적인 조업이 실시되었다. 박슬래브주조법의 경우에는 1986년 12월에 독일의 슬레만 지마그(Schloemann Siemag)가 CSP(compact strip production)법을 개발한 후 1989년 7월에 미국 뉴코어(Nucor)의 크로포드스빌(Crawfordsville)제철소에 연산 60만톤 규모의 공장이 완공되어 조업기술을 확보하기 위한 노력이 전개되고 있었다(한국신철강기술연구조합, 1990: 26-28, 58-60).

RIST의 연구진은 차세대 혁신철강기술에 대한 연구개발활동을 전개하고 있었던 선진국 업체의 관계자들과 개별적으로 접촉하여 기술개발의 현황 및 문제점에 대한 자료와 정보를 수집하였다. 당시에 선진국에서 입수할 수 있는 정보는 부분적이었을 뿐만 아니라 충분한 신빙성을 가지고 있지 않았고 실험실 수준의 테스트를 통해 그것을 수정하고 보완하는 작업이 지속적으로 전개되었다. 과거의 기술혁신활동과는 달리 외국의 기술업적도 분명하지 않았고 이에 따라 기술개발의 구체적인 목표를 설정하는 데에도 별도의 작업이 필요했던 것이다. 더구나 차세대 혁신철강기술의 경우에는 공정설계, 설비제작, 공장조업의 세 단계에 필요한 요소기술을 국내에서 모두 정립해야 했기 때문에 한 부분에서 오류가 있는 것으로 판명될 경우에는 연구개발의 방향 자체가 수정되어야 했다. 과거의 기술혁신활동이 대체로 각 단계에 따라 순차적으로 전개되었던 반면 차세대 혁신철강기술의 개발을 추진하는 방식은 각 단계

를 반복하면서 점차적으로 발전해 가는 나선형 구조를 가지고 있었던 것이다.⁹⁾

특히 차세대 혁신철강기술의 경우에는 “철강기술의 르네상스 시대”라고 부를 수 있을 정도로 과거와는 달리 매우 다양한 공법이 출현하는 경향이 현저하게 나타나고 있었다. 용융환원법에는 코렉스법 이외에도 DIOS (direct iron ore smelting reduction)법, HISMELT (high intensity smelting)법, CCF (cyclone converter furnace)법 등이, 박슬래브주조법에는 CSP법 이외에도 ISP (in-line strip production)법, FTSC (flexible thin slab casting)법, QSP (quality strip production)법 등이, 박판주조법의 경우에는 쌍롤 (twin roll)법, 단롤 (single roll)법, 단벨트 (single belt)법이 있었던 것이다. 이상과 같은 다양한 공법 중에서 포항제철은 기술적·경제적 타당성이 가장 높은 것으로 판단된 코렉스법, ISP법, 쌍롤법을 각각 선택하였다. 용융환원법의 경우에는 이미 이스코르가 코렉스법에 입각한 30만톤 규모의 공장을 가동하고 있었지만, 포항제철은 규모의 경제 효과를 누릴 수 있는 60만톤으로 확대하기로 하였다. 박슬래브주조법에서는 뉴코어가 CSP법을 적용한 60만톤 규모의 공장을 가동하고 있었고 1994년에 180만톤으로 확장할 계획을 가지고 있었는데, 포항제철은 CSP법보다 생산공정이 단축되어 설비비용이 저렴한 ISP법을 선택하여 180만톤 규모의 공장을 건설하기로 하였다. 박판주조법의 세부 공법으로는 당시에 연구개발이 가장 활발하게 추진되고 있었던 쌍롤법이 선택되었으며, 그것은 주조 두께의 조절이 용이하고 빠른 생산속도를 구현할 수 있는 장점이 있었다.

1990년을 전후해서는 시험설비 (pilot plant)를 제작하여 상업화에 필요한 기술을 확보하기 위한 활동이 추진되기 시작되었다. 시험설비의 설계 및 제작은 외국의 기술진과 국내 기술진이 공동으로 수행했으며 설비설계는 외국 기술진이, 설비제작은 국내 기술진이 주도하였다. 용융환원에서는 피스트가, 스트립캐스팅에서는 영국의 데이비 디스팅톤 (Davy Distington)이 공동연구개발의 형태로 참여하였다. 용융환원 시험설비는 피스트가 이미 관련 경험을 축적하고 있었기 때문에 상대적으로 쉽게 제작될 수 있었지만 스트립캐스팅 시험설비의 경우에는 데이비의 능력 부족과 잦은 설계변경으로 상당한 어려움이 수반되었다.¹⁰⁾ 시험설비가 제작된 후에는 수십 차례의 시험조업을 통해 생산규모 확대, 품질향상, 설비개선

9) 차세대 혁신철강기술에 대한 정보의 수집 및 활용과 관련하여 신영길은 “먼저 일류 업체를 대상으로 초보적인 정보를 얻어내어 그것을 숙지한 후에 다시 일류 업체에 접근하는 방식이 사용되었다”고 회고했으며 이일옥은 “외국에서 입수한 여러 가지 자료를 비교해 보니 10% 내외의 오차가 있어서 이를 보완하기 위해 수많은 예비실험이 전개되었다”고 지적하였다.

10) 공동연구의 만족도에 대하여 이일옥은 “피스트가 연역적 접근을, 우리는 귀납적 접근을 취했기 때문에 상호보완적인 결과가 유발되었다”고 평가했던 반면 신영길은 “데이비의 능력이 부족해서 우리끼리 시험을 하다가 데이비가 불만을 제기하기도 했다”고 지적하였다. 당시에 데이비가 선택된 이유는 만네스만 데마그 (Mannesman Demag)를 비롯한 세계 유수의 설비제작업체들이 포항제철과의 협력을 거부했기 때문이었으며 데이비는 British Steel에 소형 스트립캐스터를 납품한 실적을 가지고 있었다 (포항제철 제강부, 1998: 243-244).

등이 도모되면서 실제 공장에 적용할 수 있는 설비사양과 조업조건을 도출하는 작업이 전개되었다. 이러한 과정을 거쳐 공장건설사업이 착수되기 전에 상업적 활용가능성이 높은 기술체계가 정립되었다. 용융환원법의 경우에는 일일 생산량이 10톤 규모에서 시작하여 150톤 규모로 증가하였고 박슬래브주조법에서는 두께가 14mm인 주편을 대량으로 생산할 수 있는 기술이 확보되었다 (포항산업과학연구원, 1997: 473-484).

4.2 차세대 혁신철강기술의 상업화

이상의 준비작업을 바탕으로 포항제철은 1992년 10월에 코렉스 프로젝트 추진반과 스트립캐스팅 추진반을 구성하여 실제 공장을 건설하는 사업을 추진하였다. 코렉스법을 적용한 연산 60만톤 규모의 신(新)제선공장은 포항제철소에서 1993년 11월에 착공되어 1995년 11월에 완공되었다. 신제선공장이 가동된 이후에는 철광석 투입 장치가 작동을 멈추고 용융로 출구가 급격히 부식되는 문제점이 발생하였다. 그것은 이후근 공장장을 비롯한 포항제철의 현장 기술진이 노내 온도와 같은 작업환경을 개선하고 내화벽돌의 침식 속도를 제어하는 기술을 개발함으로써 해결될 수 있었다 (매일경제 지식프로젝트팀, 1998, 100-104). 포항제철은 1996년 12월부터 신제선공장을 정상적으로 가동시킨 후 1998년 1~2월에는 코렉스 운용 기술을 남아프리카공화국의 살다나 (Saldanha)사와 인도의 JVSL사에 수출하기도 했다 (매일경제신문, 1998. 2. 6; 포스코신문, 1998. 5. 28).

연산 180만톤 규모의 1미니밀 건설사업은 광양제철소에서 1994년 12월부터 1996년 10월 까지 전개되었다. 포항제철이 선택한 ISP법은 CSP법에 비해 기술적으로 안정되지 않은 것이었기 때문에 용강 누출 및 품질 불량 등의 문제가 빈번히 발생하였다. 1미니밀은 약 3년 동안의 시행착오를 거쳐 1999년 7월에 완전 가동에 진입하였고 같은 해 10월에는 이전에 비해 두께가 1/5 정도로 얇은 슬래브를 생산하면서도 품질을 보장할 수 있는 제조기술이 확보되었다. 포항제철의 박슬래브 제조기술은 설비공급선인 만네스만 데마그로부터 인정을 받으므로써 1999년 10월에 네덜란드의 후고벤스 (Hoogovens)에 판매하는 성과를 거두었다. 이에 따라 포항제철의 기술수출 지역은 아시아 및 아프리카를 넘어 유럽 지역으로 다변화되었다 (매일경제신문, 1996. 2. 15; 포스코신문, 1999. 10. 14).

이처럼 포항제철은 용융환원법 및 박슬래브주조법에 대한 조업기술을 확보하여 그것을 해외에 수출하는 단계에 도달함으로써 새로운 철강기술 패러다임에서도 세계 최고의 철강업체로 성장할 수 있는 기반을 구축하였다. 그것은 선진국과의 기술협력의 성격이 변모하는 과정으로 풀이할 수 있다. 즉 과거에는 포항제철이 선진국으로부터 직접적 혹은 간접적으로 기술을 이전받았던 반면 최근에는 보완적 자산 (complementary assets)을 가지고 선진 업체와

기술협력을 추진하기 시작하였다. 피스트 및 만네스만 데마그가 보유한 설비제작기술과 포항제철이 확보한 조업기술이 결합되어 용융환원법 및 박슬래브주조법에 대한 기술이 집합적 형태로 다른 외국 업체에 수출되고 있는 것이다. 특히 처음에 박슬래브주조법에 대한 기술협력을 거부했던 만네스만 데마그가 포항제철과 기술협력을 추진하게 된 것은 포항제철이 이에 대한 보완적 자산을 확보했다는 점에서 찾을 수 있다.

차세대 혁신철강기술을 상업화하는 과정에서는 관련 기술을 더욱 발전시키는 작업도 추진되었다. 코렉스법은 용기 내부에 반응가스가 잘 통과할 수 있도록 입경이 8~35mm인 펠릿(pellet)을 원료로 사용해야 한다는 단점을 가지고 있다. 이러한 점을 보완하기 위하여 입경 8mm 이하의 분광석을 원료로 사용할 수 있는 새로운 공법이 모색되었고 그것은 파이넥스(FINEX: fine iron ore reduction)법으로 명명되었다. 포항제철은 1999년 8월에 일산 150톤 규모의 시험가동에 성공한 후 같은 해 11월에는 피스트와 연산 60만톤 규모의 파이넥스 설비를 공동으로 개발하기 위한 협정을 체결하였다 (포스코신문, 1999. 9. 2; 1999. 11. 18). 박판주조법의 경우에는 주편의 두께를 1.4mm에서 1.0mm로 축소하고 폭을 350mm에서 1,300mm로 증가시킴으로써 상업화 직전 단계의 기술을 확보하는 작업이 전개되었다. 그러한 과정에서는 중간 단계를 뛰어넘는 기술비약(technological leapfrogging)이 시도됨으로써 선진국과의 기술격차가 짧은 기간 내에 해소될 수 있었다. 일본은 주편의 폭을 100mm, 200mm, 350mm, 600mm, 800mm, 1,300mm으로 향상시켜 왔던 데 반해 포항제철은 100mm, 200mm, 350mm의 단계를 거친 후 곧바로 1,300mm에 도전했던 것이다.

그밖에 포항제철은 광양제철소에 5고로와 2미니밀을 건설하여 새로운 제철공정인 “일관제철소 내의 미니밀”(mini mill within an integrated mill, MMIM)을 구축하려고 시도하였다. 고로에서 만들어진 용선을 원료로 사용하여 미니밀에서 최종제품인 열연강판을 생산함으로써 수급변동에 대한 탄력적 대응이 어려운 전로법과 우수한 품질을 확보하기 어려운 미니밀의 단점을 동시에 해결한다는 것이다 (Hong, 1996). 그러한 구상은 2미니밀 건설사업이 1998년 5월에 중단됨으로써 실현되기 어려운 상황을 맞이했지만, 그것은 포항제철이 다양한 기술적 가능성을 선택적으로 통합함으로써 독자적인 기술체계를 구축하기 위한 시도라고 해석할 수 있다. 1980년대에는 기존의 기술체계 하에서 다양한 설비와 기술을 하나로 통합하는 능력이 발휘되었다면, 1990년대 후반에는 이전에 별개의 것으로 간주되어 왔던 설비와 기술을 하나의 제철소에 통합하려는 보다 적극적인 차원으로 발전했던 것이다.

이상의 논의에서 보듯이, 1990년대에 포항제철은 기술혁신에 대하여 최초진입자(first-to-the market)의 자세를 견지하면서 선진국에서도 확실한 성과가 도출되지 않았거나 선례가 거의 없는 유동기 단계의 기술을 창출하기 시작하였다. 즉 기술창출 단계의 기술능력 발

전과정은 선진국에서 부분적으로 출현하기 시작했던 구성요소를 바탕으로 포항제철이 그것을 보완하면서 새로운 기술체계를 정립하는 특성을 가지고 있었던 것이다. 이러한 점에서 1990년대의 기술활동은 과거와 달리 구성요소의 차원을 넘어 기술체계를 개발하는 단계로 발전했다고 평가할 수 있다. 물론 그것은 아직까지 몇몇 사례에 국한되어 있고 상업적 효과가 완전히 현실화되지는 않았지만 포항제철이 세계 철강산업의 기술활동을 선도하기 시작했다는 점을 보여주고 있다.

5. 요약 및 시사점

이상의 논의에서 보듯이 포항제철은 1970년대, 1980년대, 1990년대를 통하여 각각 모방자, 빠른 추종자, 최초진입자의 자세를 견지하면서 기술습득, 기술추격, 기술창출을 중심으로 기술능력을 발전시켜 왔다.

1970년대에는 주로 일본의 기술협력을 바탕으로 공장조업에 필요한 표준화된 기술이 습득되었다. 포항제철의 기술요원들은 해외연수 및 공장조업의 과정에서 일본 기술자와의 파트너십을 형성하여 기술을 습득하는 데 많은 노력을 기울였다. 아울러 포항제철은 해외연수요원의 전파교육을 의무화하고 시운전 및 조업대비 훈련을 실시함으로써 원활한 공장가동에도 모했으며 대졸 엔지니어 및 우수한 기능인력을 효과적으로 활용하였다. 공장가동 후의 실제 조업은 국내 기술진을 중심으로 전개되었으며 각종 사고를 매개로 현장문제를 해결하는 능력이 배양되고 부분적인 기술개선이 이루어짐으로써 조업기술이 더욱 정교화되었다.

1980년대에는 기술정보에 대한 분석을 바탕으로 자체적인 연구개발활동을 통해 선진기술에 대한 추적이 도모되었다. 당시에 세계 최고의 철강기술국이었던 일본을 추격 혹은 추월하는 것이 중요한 기준으로 작용하였고 실질적인 기술정보를 획득하는 과정에서는 비공식적인 방법이 동원되는 경우가 많았다. 포항제철은 핵심적인 기술과제를 대상으로 태스크포스팀을 구성하여 집중적으로 관리했으며 몇몇 기술과제의 경우에는 해당 조직이 모두 참여하여 관련 기술을 균형적으로 개발하는 방법이 활용되었다. 1980년대의 기술활동은 다양한 형태를 띠고 있었지만 전체적으로는 기술혁신의 범위가 철강기술의 거의 모든 영역을 포괄하는 것으로 발전하였다.

1990년대에는 선진국에서도 선례가 거의 없는 기술을 창출하는 데 초점이 주어졌으며 몇몇 기술과제에서는 투자 규모가 현격히 증가하였고 프로젝트팀 형태의 조직이 구성되었다. 신기술에 대한 부분적인 정보를 입수하여 이를 보완하는 작업이 지속적으로 전개되었고 다양한 기술경로 중에서 효과가 큰 것으로 판단된 공법이 선택되었으며 기술활동은 요소기술

을 반복하면서 점차적으로 발전시키는 나선형 패턴을 보였다. 그것은 시험조업을 거쳐 공장을 건설하는 작업으로 이어졌으며 조업기술이 조기에 확보되어 해외에 수출되기도 했다. 동시에 그러한 과정에서는 새로운 기술적 개념이 정립되고 독자적인 기술시스템을 구축하는 것이 시도되었다.

본 연구를 통해 한국의 기술능력 발전과정에 대하여 도출할 수 있는 시사점은 다음과 같다.

첫째, 기술혁신의 출발점에 해당하는 기술정보를 획득하는 활동은 시기별로 상이한 특성을 보인다. 지식기반이 거의 없는 기술습득의 단계에서는 기술정보의 질보다는 양이 중요시되며 기술정보를 수집하는 활동에 체계성이 결여되어 있다. 기술추격의 단계에서는 기술정보를 체계적으로 수집하기 위한 활동이 전개되며 어느 정도의 지식기반을 갖춘 상태에서는 비공식적인 방법을 통해 실질적인 기술정보를 획득할 수 있다. 기술창출의 단계에 요구되는 기술정보는 부분적이고 불확실하기 때문에 그것을 수정하고 보완하여 새로운 정보를 구성하는 것이 중요하다.

둘째, 기술협력의 성격도 시기별로 상이한 특성을 가진다. 기술습득의 단계에서는 선진국이 기술협력에 상대적으로 적극적인 자세를 보이며 특히 성숙기술의 경우에는 기술이전이 용이하다. 기술추격의 단계에서 선진국은 공식적인 기술이전을 기피하는 경향을 보이지만 기술추격의 모델로 작용한다는 점에서 기술능력의 발전에 간접적으로 기여한다. 기술창출의 단계에서도 기술협력의 중요성이 감소하는 것은 아니며 이 경우에는 관련 주체가 보완적 자산을 구비해야만 효과적일 수 있다.

셋째, 기술혁신을 효과적으로 추진하기 위해서는 관련 조직을 적절히 구성하는 것이 필요하다. 포항제철의 경우에는 기술습득의 단계에서 대졸 엔지니어를 제철소 현장에 배치하고 우수한 기능인력을 실질적으로 우대하는 정책을 구사했으며 그것은 생산 현장에서의 기술혁신활동을 촉진하였다. 기술추격의 단계에서는 연구개발조직이 정비되는 가운데 주요한 기술과제를 대상으로 태스크포스팀을 구성하여 집중적으로 관리하는 방법이 활용되었다. 기술창출의 단계에서는 현격한 투자의 증가를 바탕으로 장기적 차원의 프로젝트팀이 구성되면서 새로운 지식을 구비한 고급 연구인력의 충원이 이루어졌다.

넷째, 한국의 몇몇 기업은 기존 기술체계 내부에서의 혁신을 넘어 새로운 기술체계를 구성하는 단계에 진입하고 있다. 본문에서 지적했듯이 포항제철은 기존의 기술체계 및 구성요소를 재현하는 단계와 기존의 기술체계에서 구성요소를 혁신하는 단계를 넘어 새로운 기술체계를 개발하는 단계로 나아가고 있다. 외국의 기술체계를 모방하거나 기본으로 삼았던 과거와 달리 한국이 주체가 되어 기술체계를 정립하는 작업이 시도되고 있는 것이다. 이러한 특징을 보다 본격적으로 고찰하기 위해서는 1990년대 이후의 기술능력 발전과정에 대한 연구

가 추가적으로 이루어져야 한다. 그것은 아직도 암흑상자로 남아있는 한국의 기술능력 발전 과정의 메카니즘을 규명하는 작업으로 이어질 수 있을 것이다.

〈참 고 문 헌〉

- 남종현 외 (1983). “철강공업 발전패턴의 국제비교분석”, 『철강보』, 제9권 4호, pp. 11-48.
- 매일경제 지식프로젝트팀 (1998), 『지식혁명보고서: 당신도 지식인입니다』, 매일경제신문사.
- 박우희·배용호 (1996), 『한국의 기술발전』, 경문사.
- 박태준 (1987), 『신종이산가족: 박태준 華甲 문집』, 포항제철.
- 변형윤 (1980), “한국철강공업의 기술축적: 포항제철을 중심으로”, 『경제논집』, 제19권 2호, pp. 124-136.
- 서울대 사회과학연구소 (1987), 『포항종합제철의 국민경제기여 및 기업문화 연구』.
- 선우정 (1999), “포항제철”, 『기술패권시대: 대한민국의 기술파워』 월간조선 9월호 별책부록, 월간조선사, pp. 114-116.
- 성조환 (1999), “한국 철강산업의 기술개발 과정에 관한 연구: 포항제철의 역할론 전략”, 국민대 행정학과 박사논문.
- 송성수 (1999), 『철강산업의 기술혁신패턴과 전개방향』, 과학기술정책연구원.
- 송성수 (2000), 『포항제철의 기술능력 발전과정에 관한 고찰』, 과학기술정책연구원.
- 이근 외 (1997), 『한국산업의 기술능력과 경쟁력』, 경문사.
- 이호 (1992), 『누가 새벽을 태우는가: 박태준 鐵의 이력서』, 자유시대사.
- 이호 엮음 (1998), 『신들린 사람들의 합창: 포항제철 30년 이야기』, 한송.
- 정명식 (2001), “모든 것이 최초였던 ‘철강 중흥’의 첫 삽”, 한국엔지니어링진흥협회 편, 『한국 엔지니어링의 태동』, pp. 181-206.
- 포항공과대학교 (1997), 『포항공대 10년사』.
- 포항산업과학연구원 (1997), 『포항산업과학연구원 10년사』.
- 포항제철 (1975), 『포항제철 7년사: 일관제철소 건설기록』.
- 포항제철 (1979a), 『포항제철 10년사』.
- 포항제철 (1979b), 『포항제철 10년사: 별책부록』.
- 포항제철 (1981), 『포항제철 850만톤 준공사』.
- 포항제철 (1989), 『포항제철 20년사』.

- 포항제철 (1993a), 「영일만에서 광양만까지: 포항제철 25년사, 종합사」.
- 포항제철 (1993b), 「영일만에서 광양만까지: 포항제철 25년사, 기술발전사」.
- 포항제철 제강부 (1998), 「제강 25년」.
- 한국산업기술진흥협회 (1995), 「'62~'95 기술도입계약현황」.
- 한국신철강기술연구조합 (1990), 「2000년대의 신철강기술: 연구개발 과제」.
- 有賀敏彦 外 (1997), 「浦項綜合製鐵の建設回顧録: 韓國への技術協力の記録」, 東京: 三元堂.
- Amsden, A. H. (1989), *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*, New York: Oxford University Press.
- Bijker, W. E. (1992), "The Social Construction of Fluorescent Lighting, or How an Artifact Was Invented in Its Diffusion", W. E. Bijker and J. Law (eds.), *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*, Cambridge, MA: MIT Press, pp. 75-105.
- D'Costa, A. P. (1994), "State, Steel and Strength: Structural Competitiveness and Development in South Korea", *Journal of Development Studies*, Vol. 31, No. 1, pp. 44-81.
- Enos, J. L. and W. H. Park (1988), *The Adoption and Diffusion of Imported Technology: The Case of Korea*, London: Croom Helm.
- Henderson, R. M. and K. B. Clark (1990), "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, pp. 9-30.
- Hong, Sang Bok (1996), "Hybrid Steel Works at POSCO: Mini Mill within an Integrated Mill", 「POSRI 철강경제」, 제1권 5호, pp. 108-129.
- Kim, Linsu (1997), *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Kim, Linsu (1999), "Building Technological Capability for Industrialization: Analytical Frameworks and Korea's Experience", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 8, No. 1, pp. 111-136.
- Latour, B. (1987), *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lee, Keun and Chaisung Lim (2001), "Technological Regimes, Catching-up and Leapfrogging: Findings from the Korean Industries", *Research Policy*, Vol. 30, No. 3, pp. 459-483.

Zahra, S. A., R. S. Sisodia and S. R. Das (1994), "Technological Choices within Competitive Strategy Type: A Conceptual Integration", *International Journal of Technology Management*, Vol. 9, No. 2, pp. 172-195.