

한국의 기계산업과 기술

김 정 흠*

〈目 次〉

- | | |
|---------------------|------------------|
| I. 들어가는 말 | IV. 기계산업기술의 발전전략 |
| II. 기계기술과 산업의 특징 | V. 맺는 말 |
| III. 기계기술과 산업의 발전과정 | |

〈Abstract〉

기계기술과 산업은 한국의 미래기술과 산업에 있어서 두 가지 의미의 중요성을 갖는다. 하나는 미래 성장분야의 하나로서 세계 어느 나라를 막론하고 전략육성 산업의 선정 시 반드시 포함되는 분야의 하나이다. 지능형기계, 초정밀기계, 광학응용기계 등 미래 급성장이 예상되는 기술들이 많은 분야이다. 또 하나는 다른 분야의 기술혁신을 뒷받침해주는 역할을 하는 분야로서 한국이 선진국으로 진입하기 위해서 반드시 갖추어야 하는 분야로서의 중요성이다.

본 논문에서는 우리나라 기계기술과 산업의 현황을 진단해보고, 선진국 수준으로 발전시키기 위한 전략을 제시한다. 한 분야의 발전전략의 수립을 위해서는 먼저 그 분야의 기술적, 경제적 특성을 이해하고, 그 나라에서 현재까지 발전되어온 역사적 상황을 파악해야 한다. 본 고에서는 기계분야의 특성에 있어서 경제에서의 위치, 기술혁신의 실현체로서의 특성, 기술연계효과, 사용자주도 혁신의 중요성 및 기타 다른 기술적 경제적 특성에 대해서 논한다. 기계기술발전의 역사적 특성을 파악하고자 미국, 일본, 독일 등 선진국에서의 기계기술과 산업의 발전과정을 정리한다. 이어서 우리나라 기계기술의 발전 과정에 대해서 살펴보면서 현황과 문제점에 대해 논한다.

이러한 분석을 바탕으로 우리나라 기계기술과 산업의 발전을 위한 전략을 제시한다. 기술혁신 체제의 개선, 중장기적 추진과 기술개발사업들의 개편 등 기술개발사업의 개선, 기술인력 양성제도의 개선, 시험평가 기능의 확충 등을 위한 방안을 제시하였다.

Key words: 기계기술, 기계산업, 기술의 특징, 발전과정, 발전전략, 기술혁신 체제, 기술인력 양성 제도, 시험평가, 기술개발사업

* 한국기계연구원 정책연구담당 (e-mail : kimjh@mailgw.kimm.re.kr)

I. 들어가는 말

기계란 인간이 모든 활동을 영위하는데 사용하는 도구와 그의 발달된 형태들을 통털어 일컫는 말이다. 인류를 특징짓는 여러 요소 중의 하나가 도구를 사용한다는 점을 들고 있다는 점에서도 알 수 있듯이, 인류는 생겨나면서부터 도구를 사용해왔으며 인류의 발달사는 곧 기계의 발달사라고도 볼 수 있다. 인류 역사를 보면 보다 발달된 기계를 만들어 사용하는 법을 보유한 국가가 세계사적으로 우위를 점해왔다. 우수한 철기를 제조한 박혁거세가 신라를 건설하였고, 증기기관, 공작기계 등을 먼저 개발한 영국은 산업혁명의 주도국이 되고 전세계로 영토를 확장하였다. 이순신 장군의 거북선이 있었기에 일본의 침략을 저지할 수 있었다는 점도 누구나 잘 알고 있다.

이렇듯 기계기술력은 우수한 무기를 제조할 수 있는 능력을 제공함으로써 군사력의 핵심이 되고, 물건을 만들어 내는 수단으로서 생산력의 바탕이 되는 요소로서 한 국가의 총체적인 국력을 결정짓는다. 이러한 사실은 현재 지구상의 선진국이라고 할 수 있는 국가들(미국, 일본, 독일 등)이 모두 세계 기계무역의 중심국가들이라는 점에서도 입증되며, 한 국가의 국력을 나타내는 지표로서 기계제품의 수출비중이 자주 사용된다는 점에서도 알 수 있다.

우리나라는 섬유산업으로부터 시작하여 신발, 선박, 자동차, 전자산업에 이르기까지 단계적으로 육성발전시키면서 고속성장을 이루어 왔다. 그러나 이러한 산업의 발전은 필요한 기계의 개발능력에 의해 밀받침되지 못하고, 이미 존재하는 선진국의 자본재에 의존하여 왔다. 그동안 우리나라가 후진국에서 중진국에 이르기까지에 필요한 기계류는 국제시장에서도 쉽게 조달할 수 있었으나, 이제 선진국 진입의 문턱에 이르

러서는 선진국과 경쟁할 수 있는 고급품질의 제품을 생산할 수 있는 첨단기계류는 우리의 경쟁국으로부터 쉽게 조달할 수 없게 되었다. 선진국과 경쟁할 수 있는 수준의 제품을 생산하기 위해서는 자체적으로 필요한 기계를 개발하여 쓸 수밖에 없는 것이다.

이렇듯 필요한 기계의 자체개발 능력을 확보하지 못한 결과로 '90년대 들어 우리제품의 국제경쟁력이 급격히 저하되었으며, 최근의 외환위기 사태도 근본적인 원인은 만성적인 기계류의 무역적자 누적에서 기인했다고도 볼 수 있다.

이 글은 우리나라 기계기술과 산업의 현황을 진단해 보고, 선진국 수준으로 발전시키기 위한 전략을 제시하는데 목적이 있다. 먼저, 다음장에서 기술발전 전략의 수립시 고려되어야 할 기계기술과 산업의 기술·경제적 특징에 대해 정리해 본다. 제 3장에서는 주요 선진국에서의 기계부문의 발전과정의 특징들을 조사해 보고, 이에 비교하여 우리나라의 기계기술발전과정과 현황에 대해서 살펴본다. 마지막으로 제 4장에서는 위에서 논의된 사항들을 바탕으로 우리나라 기계기술과 산업을 선진국 수준화하기 위한 전략방향을 제시한다.

II. 기계기술과 산업의 특징

1. 정의와 범위

기계기술은 부분품을 포함하는 기계 및 기구 또는 건축물을 제작·가공·조립하는데 필요로 하는 기술로서 산업분류상 기계공업으로 분류되는 제품의 생산에 필요한 전범주의 기술을 말한다.

기계산업의 범위에 대해서는 여러 가지가 사

용되고 있는데, 가장 광의의 기계산업은 한국표준산업분류(KSIC)상에서 (28)금속제품, (29)일반산업기계, (30)사무·계산·회계용기기류, (31)전기기계, (32)영상, 음향기계, (33)의료, 정밀, 광학기기, (34)자동차, (35)기타 운송기계의 크게 8대 업종을 포함한 분야를 의미한다. 이 중 (30)사무·계산·회계용기기류와 (32)영상, 음향기계를 제외한 (28)금속제품, (29)일반산업기계, (31)전기기계, (33)정밀기계, (34)자동차와 (35)기타 운송기계를 합친 수송기계까지를 의미하는 경우도 있으며, 여기서 다시 수송기계의 조선(351)을 제외한 나머지 분야만을 기계공업으로 간주하는 경우도 있다. 협의의 기

계공업을 의미할 때는 (29)일반산업기계만을 지칭하기도 한다 (그림 1 참조).

기계공업기술은 제품별로 각각 고유특성을 지니고 있으나, 특성별로 크게 금속재료, 요업재료, 복합재료, 소재제조공정기술 등의 소재기술, 이들 소재를 가공하여 부품을 생산하는 과정에서 필요로 하는 금형, 주물, 열처리 등의 생산기반기술, 부품 및 완제품을 설계하는 설계기술, 부품 및 완제품 생산과정의 자동화 기술, 산업설비 및 플랜트의 종합설계 및 엔지니어링 기술, 그리고 기술기준 및 규격에 따른 성능 및 품질을 시험하고 평가하는 시험평가기술로 분류할 수 있다 (그림 2 참조).



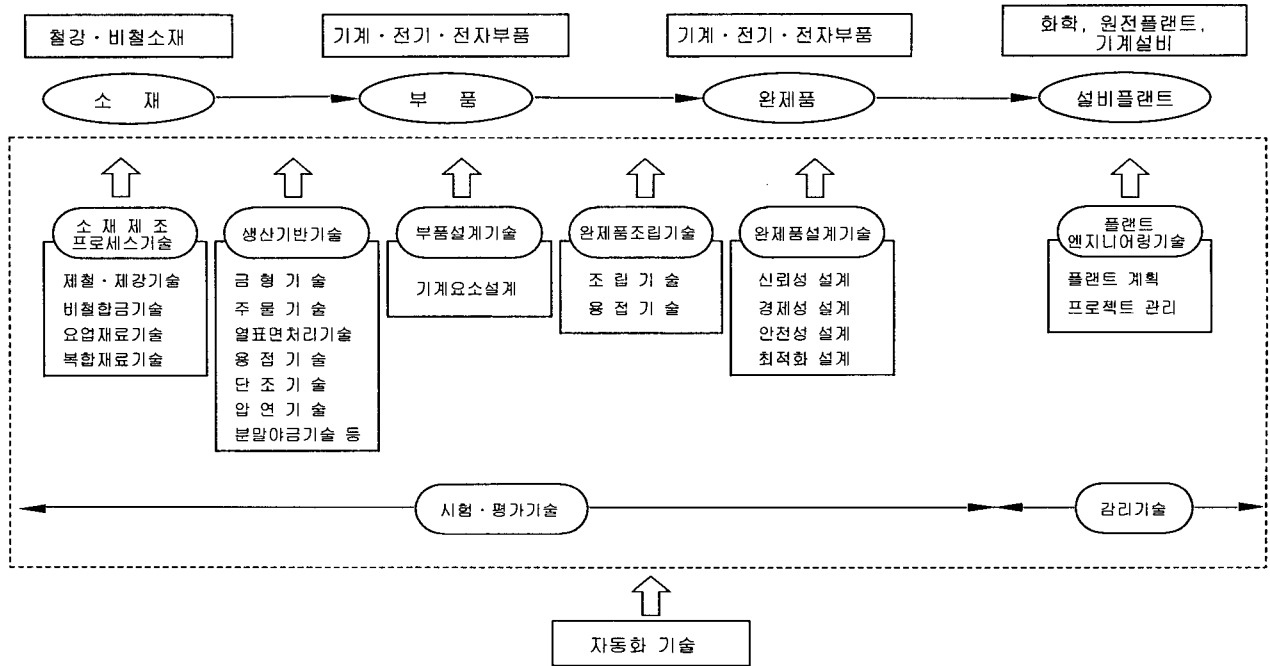
〈그림 1〉 기계산업의 분류 (KSIC에 의한 분류)

2. 기계산업과 기술의 특징

1) 경제 발전에서의 역할

기계산업이 경제발전에 미치는 영향은 크게 두가지 측면에서 중요성을 지닌다. 그 첫째는

한 국가의 경제에서 차지하는 비중이 제일 큰 부문이라는 점이다. 전자산업을 제외한 기계산업은 전체 제조업부가가치 생산액의 약 30~40%를 차지하고 있으며, 전체 수출액의 30~55%를 차



〈 그림 2〉 기계기술의 체계도

〈표 1〉 기계산업의 국가경제에서의 비중('93)

(단위 : 백만불 U.S., %)

| 구 분 | 미 국 | 일 본 | 독 일 | 한 국 |
|------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 제조업 부가가치 | 1,481,700 | 1,140,051 | 538,381 | 135,089 |
| 기계공업 부가가치* | 511,187(34.5) | 404,718(35.5) | 213,737(39.7) | 36,879(27.3) |

주 : * : ISIC 코드 38(조립금속제품, 기계, 설비·장비) 중 사무기기·컴퓨터 제외
 자료 : *Britanica World Yearbook*, 1997

〈표 2〉 전체수출액에서 기계부문이 차지하는 비중

(단위 : 백만불, %)

| 구 분 | 미 국(1994) | 일 본(1994) | 독 일(1994) | 한 국(1997) |
|--------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 전체 수출액 | 506,660 | 395,326 | 423,129 | 136,164 |
| 기계 수출액 | 202,014(39.9) | 212,697(53.8) | 206,195(48.7) | 38,083(28.0) |

주 : 조선포함
 자료 : 「기계산업편람」, 1997

지하고 있어, 단일 산업으로는 가장 비중이 큰 산업이다 (표 1, 2 참조). 이렇듯 비중이 큰 산업으로서 경제발전을 위해서는 가장 중점을 두고 육성해야 할 분야이다.

두 번째로 기계산업은 다른 모든 제조업의 생산활동에 필요한 생산설비를 공급하는 부문으로서 중요한 경제적 의미를 갖는다. 기계산업의 생산물은 소비자들에게 직접 효용을 주기도 하지만 대부분의 경우 다른 산업을 통해 소비재와 서비스를 공급한다. 이러한 생산재의 공급부문으로서 경제의 최적성장과 경제시스템 내에서 소비자 효용을 극대화하기 위한 투자와 소비의 조정문제는 오래 전부터 많은 학자와 정책입안자들의 관심을 받아왔다. 이 중 투자란 결국 재생산을 위한 부문, 즉 기계부문에 대한 자원의 배분문제로서 결국 기계부문에 대한 최적의 자원배분문제가 된다.¹⁾

2) 기술혁신의 실현체

기계부문은 재생산을 위한 투자부문으로서 경제성장에 직접적으로 영향을 미치기도 하지만 기술혁신의 실현체(technology embodiment)로서 경제성장에 미치는 영향의 중요성이 인식되고 나서부터 더욱 많은 경제학자들의 관심의 대상이 되어 왔다. 기계의 혁신은 기계산업의 생산성을 높이고 산출물을 증가시키는 것 뿐만 아니라 기계를 사용하는 - 즉, 모든 - 산업의 생산성과 품질에 영향을 미친다는 점이다. 또한 모든 산업의 기술혁신은 기계 또는 인간에 체화되어 확산되기 때문에 모든 기술진보의 체화체(또는 실현체)로서 모든 기술확산의 매개체

역할을 한다.

경제성장 문제를 본격적으로 다룬 효시라고 할 수 있는 Harrod-Domar모형에서는 기술진보와 경제성장과의 관계를 명시적으로 다루지는 않았지만 자본재에 대한 투자의 경제성장에 미치는 영향에 대해 강조하였다. 경제성장에 있어서의 기술진보의 역할을 본격적으로 다룬 신고전파 학자들은 기술진보를 외생변수로 취급하였으며, 기계를 통해 체화된 기술진보를 분석하지는 못했으나 여전히 자본재의 절대량을 중시하였다.²⁾ 슈페터의 이론을 이어받은 Kaldor는 기술진보를 자본축적율의 함수로 취급하면서 기술혁신의 체화체로서 자본을 중심으로한 경제성장 모형을 제시하였다. 그 후 Arrow(1962)는 기계나 설비에 체화된 지식의 축적이 자본의 한계생산성 체감을 극복할 수 있음을 주장하였다. 이후 최근의 신성장이론, 진화경제학과 등 기술의 축적을 중시하는 경제성장 이론가들은 모두 기술혁신의 매개체로서의 기계의 역할을 경제성장의 핵심요소로 취급하고 있다.³⁾

3) 외부경제효과(externalities)와 기술연계효과(spill-over effects)

기계설비에 있어서의 기술혁신에 의한 혜택은 기계의 개발자 또는 생산자가 누리는 것보다 기계의 사용자가 누리는 부분이 더욱 많다는 점은 기계부문을 다루는 정책에 있어서 두가지 의미를 내포한다.

기계의 혁신을 위한 투자로 부터의 수익을 투자자가 혼자 누리지 못하는 외부경제효과가 크기 때문에 기술개발투자의 비용이 수익보다 높

1) 기계부문에 대한 최적의 자원배분 문제와 Adam Smith로부터 Marx, Keynes, Schumpeter, 신고전학파에 이르기 까지 주요 경제학자들이 기계분야에 대한 인식과 처리방법에 대해서는 Fransman(1985) 참조.

2) 신고전학파 중 기술진보와 경제성장을 다룬 대표적인 것으로서 Solow(1957) 참조.

3) 신성장이론에서는 유형의 자본외에 무형의 인적자본을 포함시키고 있으나, 결국 기계 등에 체화된 지식을 기본으로 하고 있음은 변함이 없다. Romer(1990), Luca Jr.(1993)을 참조하기 바람. 그 외에 진화경제론에서의 기술축적 문제의 처리는 Lau(1996)에 잘 정리되어 있음.

아지게 되고, 따라서 기계의 혁신에 대한 투자가 적정수준보다 낮아지게 된다. 이러한 기술개발투자의 대표적 시장실패 분야로서 정부의 적극적 간여를 필요로 한다.

기계의 혁신은 곧 그 기계를 사용하는 모든 산업부문의 기술혁신으로 이어지며, 또한 모든 산업에서의 기술혁신이 체화되는 대상이 기계설비라는 점에서 기계분야에 대한 투자의 수익 중 기계분야 자체에 대한 수익(private rate of return)보다 경제전반에 걸쳐 미치는 영향(social rate of return)이 더욱 크다는 점에서 기술연계효과가 큰 분야이다. 국가 기술개발 투자에 있어서 한정된 자원을 효율적으로 배분하기 위해서는 국가 과학기술 전반에 미치는 효과가 큰 분야에 우선적으로 투자되어야 하며, 기계분야는 기술개발의 전후방 연계효과가 매우 큰 분야라는 측면에서 투자가 우선적으로 고려되어야 할 분야이다.

술혁신들이 축적된 결정체이다. 따라서 다른 신생분야와 달리 신흥경제국들이 하루아침에 선진국들의 기술력을 따라잡기 힘든 분야이다. 신흥공업국으로 기계산업을 성공적으로 발전시킨 국가가 아직 없다는 점에서도 이를 알 수 있다.

기술개발 후 실제 사용현장에서 오랜 기간 성능시험과 개선과정을 거쳐야 하므로 양산에 이르기까지 오랜 기간이 필요하며, 시제품 제작 등을 위해 막대한 자본을 필요로 한다. 여기에 이미 존재하는 선진국들의 우수하고 성능이 검증된 기계류의 존재는 신기술개발에 대한 의욕을 꺾게 한다.

5) 사용자 주도의 기술혁신

기계제품은 단위기계나 대형설비를 막론하고 대량생산체제로 공급되어 진열장에 내놓은 형태(on the shelf)로 판매되는 경우는 매우 드물며, 사용현장의 작업조건, 환경, 사용자의 성

〈표 3〉 연구개발의 산업간 파급효과

| R&D 수행산업 \ 파급효과 | 광업 | 경공업 | 화학산업 | 재료산업 | 기계산업 | 기타산업 | 계 |
|-----------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 광업 | 0.00001 | 0.0448 | | | | 0.0035 | 0.0483 |
| 경공업 | | 0.0775 | | | | | 0.0775 |
| 화학산업 | | | 0.0318 | | | | 0.0318 |
| 재료산업 | 0.005 | | 0.1266 | 0.0106 | 0.0720 | 0.0064 | 0.2206 |
| 기계산업 | 0.0007 | 0.007 | 0.1397 | 0.044 | 0.1985 | | 0.3899 |
| 기타산업 | | | | | | 0.0018 | 0.0018 |
| 계 | 0.0057 | 0.1293 | 0.2981 | 0.0546 | 0.2705 | 0.0117 | 0.7699 |

자료 : 김정흠 (1992)

4) 기술상의 특징

기계기술은 인류의 역사와 더불어 시작된 기술로서 그 어느 기술보다 오랜 세월에 걸쳐 발전되어 온 기술이다. 그동안 획기적인 기술혁신은 이루어질 만큼 이루어졌으며, 현재 사용되는 기계들은 모두 오랜 세월에 걸쳐 크고 작은 기

향 등에 따라 제공되는 제품과 서비스가 달라져야 한다. 이러한 주문생산방식(user-specific)의 주요 특징은 기계의 제작자보다 실제현장에서 기계를 사용하는 사용자가 자신의 제품을 만들기 위해 필요한 기계의 사양과 성능을 먼저 생각하게 되고, 사용하는 기계의 각종 기술

적 문제점과 개선할 점 등을 더 잘 알게되므로 기계의 혁신은 기계의 개발자보다는 사용자로부터 발생한다는 점이다.⁴⁾ Hippel(1985)의 표현을 빌리면 사용자 주도형(customer-active paradigm) 기술혁신 유형이다.

Ⅲ. 기계기술의 발전과정과 전망

이 장에서는 현재 기계기술의 선진국으로 자리잡고 있는 국가들의 기계기술의 발전과정과 혁신체제에 대해서 살펴보고, 우리나라의 발전과정과 비교해 봄으로써 우리의 발전전략에 대한 시사점을 찾아보고자 한다.

1. 선진국의 기계기술발전과정

기계기술의 강국들의 발전과정을 분석해 보면 기계기술의 발전을 가져온 계기에 대해 다음과 같은 몇가지 공통되는 사실들(stylized facts)을 발견할 수 있다.

① 경제의 급성장기에 산업발전을 뒷받침할 기계산업을 병행하여 발전시켜 왔다. 한 국가의 국력이 급성장할 때 산업의 생산을 증대시키기 위해 기계의 생산량이 증대되고, 보다 성능이 좋은 기계의 개발 수요가 급증한다.

② 기계기술의 발전은 전쟁의 역사와 크게 관련이 있다. 전쟁에서의 우위확보를 위해서는 우수한 무기의 확보가 필수적이고, 우수한 무기제작을 위해 우수한 기계의 개발을 필요로 한다. 또한 전쟁은 기계제품의 막대한 수요와 시장을 확보해 준다.

③ 경제발전을 위해서든, 전쟁의 수행을 위해서든 국가차원에서 기계산업과 기술을 전략적

으로 장기간에 걸쳐 육성해 왔다.

인류의 성장과 함께 이루어온 기계기술의 발달은 오랜 역사에 걸쳐 축적되어 온 기술의 집대성이다. 석기시대에서 청동기, 철기 시대를 거치는 동안 보다 우수한 도구를 만드는 방법을 깨우친 민족은 경제적 부흥과 군사력의 우위를 누리게 되었다. 기계기술의 혁신이 본격적으로 이루어진 것은 18세기 말의 산업혁명기로부터 시작되었다. 증기기관의 발명으로 동력의 획기적 증대가 이루어지고, 섬유산업과 자원개발을 위한 석유기계, 광산기계 등이 개발되었다. 또한 해외자원 확보를 위한 식민지 개척을 위해 필요한 대포제작용 각종 공작기계등이 이 당시에 출현하였다. 증기기관과 기계제 공구 등의 선진기술로 유럽국가들은 세계 다른 지역들에 비해 결정적인 경제적·군사적 우위를 획득하였고, 영국은 이러한 기계들을 바탕으로 “해가 지지 않는 나라”를 건설하였다. 20세기들어 영국은 기계기술의 혁신경쟁에서 선두를 지키지 못하면서 세계경영의 주도국가에서 물러나게 되었으나, 아직 여러 분야에서 일류기술을 보유하고 있다.

미국은 서부개척시대 인디안과의 싸움과 신개척지 개발을 위한 장비의 제작을 위해 기계기술의 개발이 시작되었고, 특히 철도건설을 시작하면서 차량제작과 건설작업에 필요한 물자의 생산을 위해 기계기술의 본격적인 발전이 시작되었다고 볼 수 있다. 남북전쟁(1861)을 겪으면서 아마추어로서 출발한 군대가 최첨단 현대식 무기를 갖춘 대군으로 발전되었고 기계기술의 획기적 발전을 이루었다. 이후 광활한 국토를 바탕으로 시작된 자동차 산업의 성장과 더불어 공작기계 및 각종 산업기계들의 발전이

4) 기계분야의 기술혁신체제, 특히 사용자 주도기술혁신 형태에 대해서는 이공래 (1995, 1997)에 자세한 논의가 되어 있음.

유도되었다. 19세기 말 대량생산방식을 구축하면서 각종 산업기계들의 상용화가 시작되었고, 가스터빈의 민항기 장착을 성공하면서 미국은 이미 기계기술의 대국으로 자리잡게 되었다. 그 후 1, 2차 세계대전을 겪으면서 항공기, 선박 및 무기생산 등 세계경영에 필요한 각종 물자의 생산을 위한 기계기술의 전략적 육성이 이루어졌다.

일본은 구미제국보다 늦게 기계기술의 발전이 시작된 관계로 국가에서 적극적으로 기계기술을 육성한 대표적 사례로 보아야 한다. 명치유신(1868)을 겪으면서 선진구미제국의 군함과 대포를 만드는 법을 배우면서 아시아 국가 중 제일 먼저 국가발전에 있어서 기계기술의 중요성을 깨우쳤고 그 후 기계기술의 육성에 심혈을 기울였다. 특히, 제 1차 세계대전 후 열강 진입을 위한 전략산업으로 지정하여 적극 육성하였다. 1922년 자동차의 국산화에 성공하였고, 1932년 항공기와 항공모함의 생산을 시작하였다. 중일전쟁과 제 2차 세계대전을 겪으면서 기계산업은 군수품 생산을 위한 산업으로 지정되고 모든 물자와 노동력의 집중지원을 받았다. 전후 복구기간에도 정부는 기계산업의 육성을 제일 우선순위로 삼았다. 1948년 부품산업 진흥정책이 추진되고, 1956년 기계공업진흥임시조치법을 추진하여 1960년대 후반에는 공

작기계부문이 선진국 수준화를 달성하였고, 경량 자동차 부문에서 세계 시장의 독자적 영역을 차지하였다. 1960년대부터 고성능 대형공작기계, 건설중장비, 플라스틱사출성형기, 인쇄기계 등을 수출전략 품목으로 선정하여 기술개발을 적극 추진하였으며 1970년대에는 이들의 세계 수준을 달성하였다.

유럽의 다른 국가들에 비해 통일국가 형성이 늦은 독일은 그러나 전통적으로 기계기술의 강국이었다. 오랜 역사에 걸쳐 축적된 고유의 노하우들이 각 개인과 기업에 보유되어 있었다. 특히 산업혁명기 산업적 이용의 기계개발에서는 다른 유럽국가들에 뒤졌으나 프로이센시대 육군의 「철도와 소총」의 중요성에 대한 인식과 연구개발 전통은 독일 통일(1860~1870년대)의 원동력이 되었고, 이 당시부터 어느 국가보다도 현대식 무장과 많은 철도가 부설되어 있어, 세계역사의 강국으로 등장하기 시작하였다.⁵⁾ 이 전통은 히틀러 시절을 거쳐 현재까지 내려오고 있으며, 세계를 상대로 두 번의 대전을 치를 정도로 막강한 기계기술력을 보유하고 있다. 이 후 세계 역사에서 주요 국가 중 하나의 자리에서 떨어진 적이 없는 독일은 아직 기계분야에서 세계 최강국의 하나로 인정되기에 충분할 정도로 여러 분야에서 세계 선두를 유지하고 있다.

〈표 4〉 전세계 기계수출액 대비 국가별 수출비중(1994)

(단위 : 백만불, %)

| 국 가 | 전세계 | 일 본 | 독 일 | 미 국 | 영 국 | 한 국 |
|-------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 기계수출액 | 1,299,784 (100) | 212,697 (16.4) | 206,195 (15.9) | 202,014 (15.5) | 65,825 (5.1) | 27,110 (2.1) |

주 : 조선포함

5) 독일 통일당시의 기술력과 미국 남북전쟁의 기술발전에 미친 영향에 대해서는 폴 케네디(1989) 참조.

2. 우리나라의 발전과정과 현황

고대에서 중세에 이르기까지 우리나라 기계기술은 세계적으로도 상당한 수준에 있었다. 신라시대의 에밀레종, 포석정 등은 주조기술과 유체역학 분야의 수준을 알려주며, 이조시대의 각종 계측기기, 인쇄술, 거북선 등을 보면 중세까지도 우리나라 기계기술이 세계적 수준이었다는 것을 알 수 있다. 이러한 일류기술들이 계속 이어지지 못하고 일본의 식민지시대와 6.25전쟁

을 맞으면서 이러한 전통이 끊어지게 되었다.

1950년대 우리의 제조업은 미국에서 무상 또는 저렴한 가격으로 제공된 기계를 이용하여 역시 무상으로 제공된 원조물자를 가공하는데 불과했다. 1960년대 들어 본격적으로 경제개발 계획이 추진되면서 우선 부족한 소비재의 생산에 주력하였으며, 기계기술과 관련 산업기반이 없는 우리로서는 필요한 자본재는 모두 수입에 의존하였고, 생산설비는 “턴키 베이스”로 외국

〈표 5〉 한국의 제조업 대비 기계공업의 생산비중 변화 추이

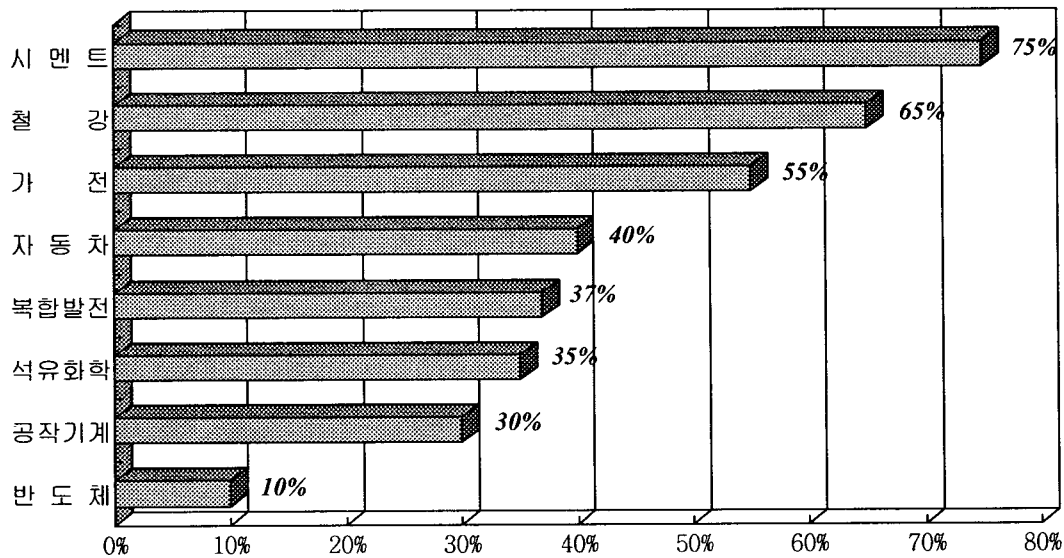
(단위 : 억원, %)

| 구 분 | 1965 | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 1997 |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 제조업 총생산액 | 4,499 | 13,345 | 81,700 | 362,791 | 770,329 | 1,773,187 | 3,648,210 | 4,445,780p) |
| 기계공업 생산액 | 404 (9.0) | 1,903 (14.2) | 7,134 (8.7) | 43,780 (12.1) | 124,935 (16.2) | 438,092 (24.7) | 1,011,673 (27.7) | 1,141,870 (25.6) |

주 : p) 추정액

* 전자, 조선 제외

자료 : 기계산업편람, 각년호



〈자료 : 통상산업부, 일반기계산업의 경쟁력 강화방안, 1997.6〉

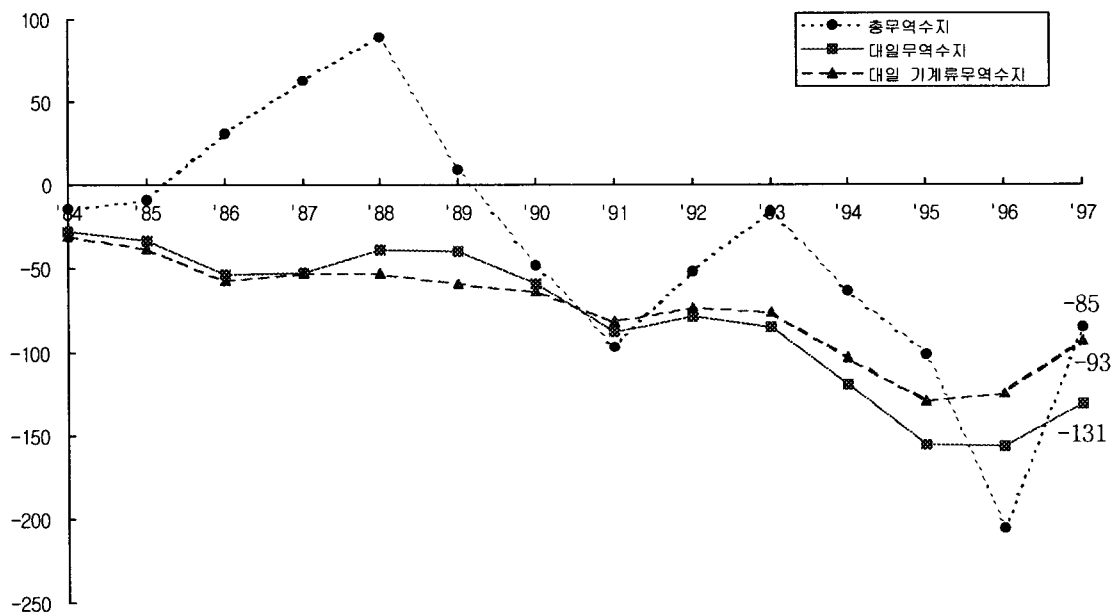
〈그림 3〉 주요 플랜트의 국산화율

회사에 의해 건설되었다. 1970년대 들어 중화학산업이 본격적으로 육성되기 시작하였으며, 특히 방위산업의 중요성이 인식되면서 기계공업의 기반이 구축되기 시작하였다. 철강, 석유화학 등 기초소재산업이 육성되고, 조선, 자동차, 기계산업의 기반이 조성되었다. 이 산업들이 원동력이 되어 1980년대 까지 이어지는 년평균 7~8%의 고성장을 이룩하였다. 그러나 이러한 산업의 육성은 주로 단순조립 가공생산 중심의 산업성장이 진전되었고, 필요한 생산설비 및 중간재인 부품 및 소재는 수입에 의존하였다. 기계산업은 70년대 이후 년평균 30%이상의 괄목할만한 성장을 달성하였음에도 불구하고, 우리나라 수입의 주요원천이 되고 있고, 만성적인 무역적자의 주요원인이 되고 있다.

1990년대 들어 중저가제품은 후발개도국의 추격을 받는 한편, 고부가가치 제품으로 이행하지 못해 우리 제품의 국제경쟁력은 급격히 저

하되었다. 수입된 기계를 사용하여 수입된 부품·소재를 가공한 제품으로는 국제시장에서 경쟁력을 지닐 수 없는 것은 너무나 당연한 이치다. 따라서 고부가가치형 산업구조로 적절히 이행하지 못하고 제조업의 경쟁력약화를 겪는 근본원인이 기계기술의 낙후성에 있는 것이다.

또한, 생산재와 중간재의 해외의존도 심화는 수출이 증가하면 할수록 수입이 늘어날 수밖에 없는 수입유발적 산업구조를 초래하여, 전자, 조선, 자동차 등 수출 주종산업들의 신장에도 불구하고, 일반기계, 정밀기계 등 자본재들의 수입에 의해 우리나라는 만성적인 무역수지 적자에서 탈피하지 못하고 있다. 일반기계의 무역적자만해도 해마다 100억불이 넘어서고 있고, 대일 기계류 무역적자는 항상 우리나라 전체 무역수지 적자를 상회한다. 따라서 최근 우리나라가 겪고 있는 “외환위기”의 주범도 근본적으로는 기계부문의 누적된 무역적자에서 기인한



*조선포함, 전자제외 (단위 : 억불)

〈그림 4〉 우리나라 무역수지 추이

〈표 6〉 기계산업의 발전요소

| 발전요소 | 발전요소별 전략 |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기술축적 | ○장기간에 걸쳐 축적된 know-how가 필요함 - 선진국의 경우 산업혁명 이후 꾸준한 기술축적이 이루어졌으나, - 우리나라는 '70년대부터 기술개발이 시작되었음. |
| 산업구조 | ○대기업형 조립산업과 중소기업형 부품·소재산업의 균형적 발전 - 중소기업형 부품산업의 육성이 시급함. ○엔지니어링 산업의 육성 - 연구결과 실용화 및 국산기계의 수요 창출 효과 |
| 기술구조 | ○대형기계시스템 설계 및 엔지니어링 기술의 육성 - 기계기술의 핵심이면서 우리나라의 기술구조상 공백분야임. ○품질·성능시험평가 능력의 제고 ○기술의 복합화에 대한 대응(Mechatronics, Mecha-optics 등) |
| 수요 | ○선진국의 경우 전쟁 등의 특수기를 거치면서 기계기술의 획기적 발전을 기했음. ○국산기계에 대한 수요창출을 위한 정책 추진 필요함. |
| 인력양성 | ○전문기술인력의 부족 및 잦은 이동으로 기술혁신 및 축적의 어려움. - 특히 중소기업의 기술인력 부족으로 기술혁신의 어려움. |
| 정책의지 | ○선진국의 경우 기계분야를 국방 및 산업발전의 핵심으로 인식하고 국가전략상 중추분야로 집중 육성해 왔음. ○기계분야의 육성을 위한 정부전략의 수립 및 확고한 추진의지 필요 |

다고 해도 과언이 아니다. 특히, 기계류의 수입 원이 일본에 집중되어 있는 상황은 우리나라 제조업의 발전이 일본의 기계류 및 핵심부품의 공급전략에 의해 좌우될 여지가 있다는 점에서 우려할 만한 점이다. 그동안 우리나라가 일본의 경쟁상대가 되지 못하는 동안은 큰 문제가 되지 않았으나 이제 여러 부문에서 경쟁대상국으로 인식되면서 일본은 기계류 및 부품의 공급을 우리나라를 견제하는 수단으로 사용하고 있다. 이미 많은 부문에서 자본재 및 핵심부품의 가격 및 공급량을 조절하면서 우리 제조업의 경쟁력에 영향을 미치고 있는 사례가 발생하고

있어 이러한 기계류의 대일 기술종속문제를 심각하게 받아들여야 할 상황이다.

IV. 기계산업기술의 발전전략

기계산업과 기술의 발전을 위해서는 많은 요소들에 대해서 고려를 해야한다. 본 고에서는 지면관계상 기계산업의 발전을 위한 기술개발전략에 관해서만 논의하기로 한다. 기계산업의 발전요소에 대해서는 〈표 6〉에 정리되어 있다.⁶⁾

6) 기계산업의 전반적인 발전방안과 구체적 정책제안에 대해서는 이병기(1996), 이공래(1994, 1995, 1997), 이진주(1996), 황경현(1997) 등을 참조바람.

1. 기술개발사업의 개선

정부는 오래전부터 기계산업의 중요성을 인식하고 육성을 위한 각종 시책을 추진하였다. 1986년부터 94년까지 국산화 대상품목을 선정하여 개발하는 「기계류·부품·소재 국산화 고시제도」를 시행하여 총 7,032개의 국산화 대상품목을 발굴하여, 3,502개의 품목의 개발에 성공하였다. 그 외에 산업자원부의 공업기반기술개발사업, 과학기술부의 특정연구개발사업 등 국책기술개발사업의 많은 부분이 기계류의 기술개발사업에 투자되었다. 또한 1995년부터는 그동안의 기계류 국산화계획을 대폭 개선하여 「자본재산업 육성계획」을 수립하여 현재까지 진행되고 있다.⁷⁾

이러한 기술개발사업들이 나름대로 성과를 거두고 있음에도 불구하고 기계류의 무역적자 폭은 계속 확대되고 있는데, 그 이유로는

① 10여년의 기술개발 노력으로는 최소한 100년이상 뒤떨어진 선진국과의 기술격차를 줄이기에 너무 짧은 기간이다.

② 이들 사업의 대상품목 선정은 주로 bottom-up 방식으로 이루어지는데 이러한 기술수요조사 방식으로는 국가 차원에서 중요성이나 시급성보다는 개발이 용이한 기술, 주변기술위주의 과제만 신청되기 마련이다. 이들 품목들이 개발에 성공하더라도 외국에서 계속 신제품이 개발되어 나오기 때문에 국산화 개발속도가 신규제품 수요속도를 따라가지 못하게 되고, 무역적자는 계속 확대되고 있는 것이다.

③ 그동안 기술개발에 있어서 기술의 공급자와 기술의 수요자(기계 제작자)의 관계에만 관심을 가져 왔으며, 기계의 혁신에 있어서 가장

중요한 역할을 하는 기계의 사용자의 역할을 중시하지 못했다.

1) 장기간의 지속적 추진 필요

기계기술은 역사를 무시할 수 없다. 앞서서도 논의한대로 기계기술은 오랜 세월을 걸쳐 축적된 know-how들의 결정체들로서 단기간내에 획기적 발전을 기대하기 어려운 분야이다. 선진국의 경우 길게는 산업혁명기(18세기 후반)부터 200여년에 걸쳐 기술을 축적해 왔다. 짧게 보아도 대개 130여년동안 중점육성 대상이 되어 온 분야이다.⁸⁾ 우리의 개발역사는 1970년대 청와대 무장공비 사건을 계기로 시작된 방위산업 육성시책이 본격적인 기계산업 육성의 시작으로 보아야 하며, 1986년 「기계류 국산화 고시제도」를 본격적으로 기계류를 중점대상으로 하는 국가적 기술개발사업의 효시로 보아야 할 것이다. 길게 보아도 20여년에 불과한 우리 기계산업의 역사로는 아직 이러한 기술격차를 추격하기는 무리이다. 기계기술의 중요성에 대한 인식을 잊지않고 꾸준히 장기간에 걸쳐 노력을 하는 것 만이 유일한 해결책이다.

2) 기술개발 사업의 개편

위에서 언급한 두 번째 문제의 개선을 위해서는 현재 진행되고 있는 각종 기술개발 사업들을 재편할 필요가 있다. 현재 각 부처별로 기술개발사업들이 산발적으로 추진되고 있고 이들이 국가의 종합적인 계획체계안에서 서로 연계되어 진행되고 있지 못하다. 국가 중장기 종합 기술개발 계획이 필요하며, 이 안에서 각종 사업들이 서로 역할을 분담하여 추진될 수 있도록

7) 그동안의 기계류 국산화 시책에 대한 실적분석과 자본재산업 최근의 자본재 산업육성관련 시책의 구체적인 내용은 과학기술처(1995), 통상산업부(1997) 참조.

8) 영국의 경우는 산업혁명을 계기로, 미국의 경우 남북전쟁(1861), 일본은 명치유신(1868), 독일의 경우는 독일통일전쟁(1860년대) 등을 계기로 기계기술의 본격적인 발전이 시작되었다고 보는 것이 옳을 것이다.

록 체제를 갖추는 것이 필요하다.

또한 이러한 기존의 사업들외에도 세계 일류화를 지향하는 전략분야의 선정·육성이 필요하다. '95년부터 시행되는 「자본재산업 육성계획」에도 전략품목의 육성사업이 들어 있기는 하나, 지금까지 선정된 200개 품목은 기계분야의 전 분야를 망라하고 있어, 이러한 품목들을 개발해서는 일부 품목의 개발을 성공할 수는 있겠으나 이들의 지속적인 일류화가 어려울 것이다. 따라서 품목이 아닌 분야를 선정하여 전략육성하는 방안의 수립이 필요하다.

기계분야는 그 오랜 역사만큼이나 범위도 광범위하며 기술적 특성도 다양하다. 선진국에 비해 100년 이상 뒤진 분야에서 자원도 절대적으로 부족한 상황에서 모든 것을 동시다발적으로 선진국을 추격할 수는 없다. 지금은 기계의 거의 모든 분야에서 선진기술을 보유하고 있는 선진국들도 역사상으로 보면 단계적으로 중점 육성해왔으며, 현재 국가의 규모에 관계없이 모든 기계분야를 석권하고 있는 국가는 없으며, 몇몇 분야에서 최고수준을 보유하고 있다. 기계기술은 종합기술로서 한 분야의 집중육성은 반드시 관련분야의 기술을 병행 발전되도록 유도

하기 마련이다. 과거 우리의 산업에 있어서의 불균형 성장전략과도 비슷한 개념으로 기술개발의 불균형 성장전략이라고 볼 수 있다. 또한 한 두 분야에서의 선두를 확보하고 있는 한은 기계류의 대외의존도가 높더라고 기술협상력(bargaining power)을 가질 수 있으며, 기술종속 문제를 크게 우려하지 않아도 될 것이다.

3) 기술혁신체제의 개선

앞에서 설명한대로 기계설비 기술은 사용하는 사람의 전문기술이 특화되는 특성을 가지고 있으므로 사용자 또는 수요자의 전문기술이 기술혁신의 중요한 결정요인이 된다. 따라서 수요업체가 기술혁신상에서 핵심적인 역할을 해야 함에도 불구하고 그동안의 정부의 기계기술개발 정책은 전문제작업체의 활동을 지원하는데 초점이 맞추어져 왔다.⁹⁾ 이를 개선하기 위해서는

- ① 수요기업과 생산기업의 연계를 중심으로 기술혁신 네트워크의 강화
- ② 수요측면에서 기술혁신 지향적 수요기반의 확충
- ③ 협력적 기술혁신 환경조성 등을 지원할 수 있는 정책의 개발이 필요하다.¹⁰⁾

〈표 7〉 각 국의 기계분야 일류기술

| | 미 국 | 일 본 | 기 타 국 가 |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 세계 일류 분야 | 비행기 (50.3%) 비행기부품 (55.2%) 가스터어빈 (35.8%) 특수선박 (28.4%) 트랙터 (58.4%) | 재봉기, 직기, 인쇄기계, 금속절단기계 성형기계 압연기 등 | 스위스 : 시계 (1위), 섬유기계 (2위) 벨기에 : 수확용 농기계 (3위) 싱가폴 : 특수선 (2위) 영국 : 경비행기 (1위) 이탈리아 : 경작용 농기계 (1위) |

주 : * 괄호안은 미국의 세계시장 점유율

9) 이공래(1994, 1995, 1996) 참조.

10) 수요자의 참여가 강화된 기술혁신 네트워크 구축에 관한 구체적인 세부 정책방안에서는 이진주 외(1996)을 참조바람.

2. 기술인력 양성제도의 개선

우리나라 기술인력의 문제는 비단 기계분야에 국한된 문제는 아니다. 그러나 기계전문 생산업체의 97%이상이 종업원 100인 이하의 중소기업이라는 측면에서 우리나라 기술인력의 부족 현상을 겪고 있는 대표적인 부문이라고 할 수 있다.

현재 세계 기계기술의 강국이라고 인정받는 독일과 일본의 경우 이들 국가의 기술발전의 원동력이 우수한 기술인력의 양성제도에서 기인한다고 보는 견해가 많다. 세계 각국의 기술인력 양성제도는 크게 현장교육 중심제도와 정규교육기관 중심제도로 나누어 볼 수 있다. 미국, 영국, 스웨덴 등이 정규교육기관 중심제도를 채택하고 있고, 독일과 일본은 현장교육 중심제도에 의해 운영되는 대표적인 국가들이다 (표 8 참조).

현장교육 중심의 기술교육제도가 정규교육기

장래의 요구에 더 부합하게 된다. 광범위한 기술의 습득은 근로자의 업무 융통성을 증대시키고 업무조정 비용을 감소시켜 생산성을 높인다. 회사차원 훈련의 이점은 노동력의 재교육에서도 나타난다. 현장교육과 보직 순환 등을 통해 모든 계층의 근로자들을 꾸준히 재교육함으로써 지식탐구에 매진하는 분위기가 형성되고 기술변화에 적응할 수 있는 다양한 기술을 지닌 유능한 근로자를 배출하게 된다.

우리나라는 현장에서 기술인력을 양성할 수 있는 체제가 제 기능을 발휘하지 못하고 있는 가운데 정규교육기관인 자연계 대학은 현장과 괴리되어 있어 현장적응력이 있는 전문기술인력을 배출하지 못하고 있다. 이러한 현상을 타개하기 위해서는 정규교육기관인 이공계 대학 외에 산업현장인력이 고급기술인력을 받을 수 있는 다양한 학력경로체제를 구축해야 한다. 이를 위해 출연연구기관 등에 단설대학원과 각

〈표 8〉 기술교육제도의 유형

| 구 분 | 특 징 | 대표적 국가 |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 정규교육기관 중심 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 직장에서 필요한 전문기술의 대부분을 정규교육기관에서 담당 ○ 현장교육은 즉각적인 업무에 필요한 소개 정도 | 미국, 영국, 스웨덴 |
| 현장교육 중심 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 전문기술 뿐아니라 일반기술까지도 현장 교육에 의존 | 독일, 일본 |

관 중심제도보다 유능하고 숙련된 노동력을 갖춘 기술인력의 배출하는데 유리하다는 점은 여러 면에서 찾을 수 있다. 우선, 기업현장에서의 교육은 예측 불가능할 정도로 급속히 진행되는 기술 및 시장변화에 대응할 수 있는 기술과 융통성을 지닌 노동자를 양성하기가 훨씬 쉽다. 그리고 회사가 교육기관보다는 개발하는 기술이 더 광범위한 뿐만 아니라 회사의 현재 및

산업현장에 사내대학(원)의 설립이 활성화 되도록 해야한다. 이는 ① 기술인력교육의 현장성을 강화하여 “현장에서 쓸모있는 인력의 배출”을 가능하게 하며, ② 현장인력이 새로운 기술변화에 대응할 수 있도록 평생교육제도가 확립되며, ③ 산업의 현장인력이 일반대학을 거치지 않고도 기술만으로 학위를 부여받을 수 있도록 됨으로써 현장기술자들의 사기가 진작되고 보

다 우수한 인력을 산업현장으로 유도하는 효과가 있을 것이다.¹¹⁾

3. 시험평가기능의 확충

우리나라 기업들이 신제품개발에 성공하고도 국내나 해외시장의 개척에 어려움을 겪는 가장 큰 이유 중의 하나가 품질보증체제의 미비이다. WTO체제의 출범이후 선진국들은 개방화시대의 기술경쟁의 수단으로서, 또 간접적인 수입규제 수단의 하나로서 엄격한 기술기준을 제정하여 적용하고 있다. 국내 시장이 협소하여 수출에 대한 의존도가 높을 수밖에 없는 우리나라로서는 수출제품에 대한 국제적 공신력있는 국내 품질보증체제의 구축이 시급하다. 이러한 품질보증체제의 구축을 위해서는 무엇보다도 먼저 선진수준의 시험평가 기술력을 확보해야만 한다.

시험평가 기술력이 확보되어 있지 않으면 막대한 외화의 낭비를 초래할 뿐만아니라 제품기술과 생산기술이 확보되어 있더라도 기계의 고장진단 및 보수, 성능개선이 불가능해지며 계속 외국에 의존하게 된다. 또한 기술기준 및 규격을 외국에 의존하게 되면 그 국가의 기준이 바뀔 때마다 우리나라의 기술기준도 바뀌어야하므로 기술적 종속관계에서 벗어날 수 없게 된다.

우리나라 시험평가 능력의 확충을 위해서는

우선, 시험평가 관련 기술력을 제고시켜야 하며 이를 위해서는 정부주도의 대형기술개발사업을 추진해야 한다. 일본의 경우 국가주도기술개발사업의 약 30%정도가 시험평가관련 과제로 구성되어 있는 반면 우리나라 공업기반기술개발사업('93~'94)의 경우 총 449개 과제 중 2.4%인 11개 과제에 불과하다.

둘째, 수출제품에 대한 국제적 공신력을 지닌 성능시험을 수행할 수 있는 선진수준의 기술력을 지닌 품질인증기관의 육성이 필요하다. 이를 위해서 정부부처, 출연연구기관, 전문 시험기관들의 기능과 역할의 재정립이 필요하다. 정부부처는 해당분야에서 관련 규정의 제정, 품질인증기관의 선정, 관련 행정적 관리 등을 담당하고, 출연연구기관들은 단순시험검사 기능을 지양하고 첨단기술제품에 대한 시험평가 기법의 개발, 국가의 기술기준을 개발하여 보급하는 역할을 담당해야 한다. 전문시험기관들은 위의 두 기관의 협력을 받아 실제 시험검사와 품질보증을 실행하도록 한다.

셋째, 가능한 한 빠른 시일 안에 국가의 기술기준을 국제수준화해야 한다. 선진국들은 ISO, IEC 등 국제표준화를 추진하는 한편, 지역별, 국가별 기준을 별도로 제정적용하고 있다. 우리나라도 하루빨리 기술기준이 이러한 국제기준 및 선진국 표준에 부합되도록 개정 또는 제정되어야 하며, 이를 위해 국가차원의 표준화 중

〈표 9〉 시험평가 관련 외화 유출액

| 구 분 | 대형교량 | 원전설비 |
|------------|------------|------------|
| 시험평가 외화유출액 | 약 100억원/1기 | 약 500억원/1기 |

11) 우리나라 기술인력 양성의 실태와 현장중심의 기술인력 양성을 위한 구체적 방안에 대해서는 김정흠 (1994, 1996, 1997a, b) 등을 참조바람.

장기 계획의 수립이 필요하다.¹²⁾

V. 맺는 말

기계기술과 산업의 육성은 우리나라가 선진국 진입을 위해 해결해야 할 마지막 과제이며 가장 어려운 문제이다. 선진국 진입을 위해 정보통신, 생명공학 등 신생분야의 육성도 중요하지만, 우수한 기술력을 지닌 기계분야가 이를 뒷받침해주지 못하면 이들 산업의 경쟁력이 결코 선진수준이 될 수 없음은 최근 우리가 겪고 있는 산업경쟁력 위기에서 잘 경험하고 있다. 이런 의미에서 기계분야의 육성은 선진국 진입의 충분조건은 되지 못하더라도 반드시 갖추어야 할 필수조건이라 할 수 있다.

기계분야는 다른 산업의 기술혁신을 뒷받침해주는 역할 뿐아니라 지능형기계, 초정밀기계, 광학응용기계 등 미래의 성장산업의 하나이기도 하다. 세계 어느나라를 막론하고 전략육성산업의 선정시 반드시 포함되는 분야이다.

이러한 기계분야의 육성을 위해서는 지금까지 논의된 기계산업과 기술의 특성을 잘 이해하여 발전전략을 수립해야 한다. 다행히 기계분야 육성의 중요성에 대해서는 국민의 공감대가 형성되어 있는 것 같으며, 정부에서도 여러 가지 시책들을 추진하고 있다. 우리나라는 그동안의 압축성장에 너무 익숙해져 있어 짧은 기간동안에 가시적인 효과가 나지 않으면 뭔가가 잘못되고 있다고 생각하고 조바심을 내는 경향이 있다. 기계분야에서는 단기간내에 효과를 보기 어려우며 장기간에 걸친 끊임없는 노력만이 해결방안이다. 장기적인 추진력 또한 진정한 선진국으

로 진입하기 위해 우리가 갖추어야 할 중요한 덕목 중의 하나이다.

參 考 文 獻

- 과학기술처, 「엔고에 대비한 기계류·부품·소재 기술개발 전략」, 1995.
- 김정흠, 「기계산업 기술개발 투자의 경제적 효과분석」, 한국기계연구원, 1992.
- _____ 외, 「기계산업 기술발전 전략」, 통상산업부, 1994.
- _____ 외, 「한국기계연구원 시험평가능력 확충방안」, 한국기계연구원, 1995.
- _____ 외, 「생산기반기술자립을 위한 기술인력 양성방안」, 국가과학기술자문회의, 1996.
- _____ 외, 「고비용·저효율구조 극복을 위한 기술혁신 대책」, 국가과학기술자문회의, 1997a.
- _____ 외, 「기계분야 출연(연) 단설대학원 설립추진방안에 관한 연구」, 한국기계연구원, 1997b.
- _____, 「시험평가시설 및 기능확충방안」, 민철구 외 「과학기술혁신 5개년 계획」-과학기술기반 조성 부문- 중, 과학기술정책관리연구소, 1997c, pp. 80-129
- 이공래, 「기계산업의 기술혁신체제 구축방안」, 과학기술정책관리연구소, 정책자료 94-05, 1994.
- _____, 「기계설비산업의 기술혁신전략」, 과학기술정책관리연구소, 1995.
- _____, 「자본재 기술혁신을 위한 정책방향」, 과학기술정책관리연구소, 정책자료 97-08, 1997.
- 이병기, 「자본재 산업의 대일 의존과 대응방안」, 한국경제연구원, 1996.
- 이진주, 「자본재 산업의 기술혁신을 위한 새로운 정책방향 정립에 관한 연구」, 생산기술연구원, 산업연구원, 1996.
- 임래규, 「자본재산업 육성대책의 성과와 향후 추진

12) 시험평가기능 확충의 중요성 및 구체적 확충방안에 대해서는 김정흠(1995, 1997c)를 참조바람.

- 방향”, 「기계공업」, 1996. 12, pp. 38-47.
- 통상산업부, 「일반기계산업의 경쟁력 강화방안」, 업종별 민간협의회 보고자료, 1997a.
- 통상산업부, 「자본재산업 육성시책」, <http://www.motie.go.kr//data>, 1997b.
- 폴 케네디, 「강대국의 흥망」, 이일수, 전남석, 황건공역, 한국경제신문사, 1989.
- 한국기계공업진흥회, 「기계산업편람」, 1997.
- 한국기계연구원, 「한국기계연구원 발전계획」, 1994.
- 황경현 외, 「무역역조 개선을 위한 기계류·부품·소재기술 기획조사사업」, 과학기술처, 1997.
- Arrow, Kenneth, "The Economic Implications of Learning by Doing," *Review of Economic Studies*, Vol. 29, 1962, pp. 155-173.
- Fransman, Martin, "Machinery in Economic Development", in *Machinery and Economic Development*, St. Martin's Press, New York, 1986, pp. 1-54.
- Hippel, Eric von, *The Sources of Innovation*, Oxford University Press, New York, 1988.
- Lau, Lawrence J., "The Sources of Long-Term Economic Growth : Observations from the Experience of Developed and Developing Countries," in *The Mosaic of Economic Growth*, R. Landau, T. Taylor and G Wright ed., Stanford University Press, Stanford California, 1996, pp. 63-91.
- Lee, Kong Rae, "The Role of User Firms in the Innovation of Machine Tools : The Japanese Case", *Research Policy*, Vol. 25, 1996, pp. 491-507.
- Lucas Jr., Robert E., "Making a Miracle", *Econometrica*, Vol. 61, No. 2, 1993, pp. 251-272.
- Romer, Paul M., "Endogeneous Technological Change", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, 1990, pp. 71-102.
- Solow, Robert, "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39, 1957, pp. 312-320.