Journal of Engineering Education Research
Vol. 14, No. 5, pp. 75~82, September, 2011

독일 기계 엔지니어 집단의 탄생: 1740년에서 1880년까지 기술 전문 교육 기관의 발달을 중심으로

박진희†
동국대학교 교양교육원

The Emergence of German Mechanical Engineer Group: A Study on the Development of Technical Education Institutes from 1740 to 1880

Jin Hee Park†
Center of General Education, Dongguk University-Seoul

ABSTRACT

The Emergence of german mechanical engineer group is related to the development of polytechnical schools which were founded by the german state governments. Following the model of vienna polytechnical schools, the german polytechnical schools aimed also to educate engineers for private industries. For this purpose, the practices and workshop experiences were more emphasized than the theoretical education. With the further industrialization, the demand for higher educated engineers grew, and the level of theories taught in the polytechnical schools approached to that of university. On the base of mathematicalization of technical and mechanical knowledge, the professors of polytechnical schools succeeded in the establishment of Technische Hochschule which ranked as university. The german mechanical engineers could differentiate themselves from the traditional technicians with the establishment of polytech schools and Technische Hochschule.

Keywords: Mechanical engineer, Technical education, Polytechnical school, Technische Hochschule, Mathematicalization

I. 서 론

엔지니어의 독일어에 해당하는 인제니어(Ingenieur)의 어원이 되는 라틴어 인제니아토아(ingeniator)는 원래 성벽을 공격하는 공성 장치 전문가를 일컫는 것이었다(Kaiser&König, 2006). 이렇게 특정 분야 군사 기술 전문가를 일컫던 이 단어가 18세기에 들어와서는 군사 기술 전문가 전체를 통칭하게 되었고, 이어 교량이나 건축, 기계 제작 기술자에 이르기까지 기술자 전반을 일컫는 단어가 되었다. 이 단어는 프랑스에서 공병단, 공병학교와 연계되면서 도제 전통의 기술자와 구분이 되게 된다. 그런데, 독일에서는 19세기까지 인제니어가 전통적인 기술자를 일컫던 테히니커(Techniker)와 큰 구분없이 사용되고 있었다. 기계 산업에서는 18세기만 해도 아주 좁은 영역의 문제를 해결하는 기술자를 일컫는 용어로 인제니어를 사용하며, 주로 제도사나 기계 운전자를 통칭하고 있었다(Rektor der Technischen Universität Chemnitz, 2003). 이는 1856년에 설립된 독일 기술자협회가 명칭을 “Verein Deutscher Ingenieure”로 하였지만, 정기 모임이나 잡지 등에서는 테히니커(Techniker)라는 용어를 훨씬 높은 빈도로 사용하고 있던 것에서도 알 수 있다(Kaiser&König, 2006). 용어에 뚜렷한 경계가 보이기 시작하는 것은 19세기 후반에 들어와서이다. 고등기술학교(Technische Hochschule) 졸업자들에게는 디플롬(Diplom) 학위가 수여되고 이들은 디플롬 인제니어(Diplom-Ingenieur)로 불리게 되지만, 디플롬 테히니커(Diplom-Techniker)라는 단어는 등장하고 있지 않기 때문이다. 즉, 이 무렵부터 전통적인 기술자 집단과 인제니어 집단의 뚜렷한 분화가 생겨나기 시작했다고 할 수 있다. 그리고 이런 구분에 결정적인 역할을 하고 있는 것이 고등 기술 교육 기관의 출현이었다.

본 논문에서는 전통적인 기술자와 구분이 되는 엔지니어 집단의 형성이 독일의 경우, 엔지니어 교육 기관과 긴밀한 연관을 맺고 있으며 이 과정에서 다른 국가들과 차이를 보임을 드러내고자 한다. 이들 기술 교육 기관의 발달과 엔지니어 집단의 형성 및 분화 과정을 기계 분야를 중심으로 살펴보려고 한다. 이

Received 24 August, 2011; Revised 21 September, 2011
Accepted 24 September, 2011
† Corresponding Author: park0227@dongguk.edu

들 기술 교육기관이 어떤 배경에서 어떤 목적으로 출현하였고, 19세기를 거쳐 어떤 발달 과정을 겪게 되는지, 그리고 이들 교육 기관의 발달이 기계 분야 기술자 집단의 분화에 어떤 영향을 미쳤는지를 살펴 볼 것이다.

II. 이론적 배경 및 연구 방법

초기 산업화 시기 엔지니어 특성을 분석한 숄(Scholl, 1978)에 따르면 사회 집단으로서 엔지니어는 프랑스 엔지니어 공병대 조직과 더불어 등장하게 된다. 도로와 교량 건설을 위한 엔지니어 공병대는 1716년에 처음 조직되었고, 이들을 체계적으로 양성하기 위한 교육기관으로 토목학교가 1747년에 설립되었다. 이를 토대로 1794년에는 독일 기술 교육 기관에 큰 영향을 준 에꼴 폴리테크니크(Écol polytechnique)가 세워지게 되었다. 이들 교육 기관의 설립은 엔지니어의 사회적 역할을 가시화시켰고, 전문 직업으로서 이미지를 부여해주었다(Scholl, 1978). 엔지니어는 이렇게 프랑스의 경우, 왕실 재정으로 진행되는 토목 등의 사업을 관리, 감독하는 기술 관료 집단으로서 사회적 정체성을 먼저 획득하게 된다. 그리고 이런 정체성을 형성하는 데에는 국가의 재정 지원으로 설립된 교육 기관이 큰 역할을 하였다. 독일의 경우도 이와 유사한 과정을 겪는데, 19세기 후반 산업화 과정이 촉진되면서 교육 기관의 발달과 엔지니어 집단의 분화는 프랑스와 다른 길을 걷게 된다.

본 연구에서는 독일 고등기술학교들에서 발간하는 각종 보고서, 연감과 독일 기술자협회의 잡지 등을 1차 사료로 하고, 기술 교육 관련 문헌, 논문들을 2차 사료로 하여 독일 엔지니어 집단의 분화와 교육 기관 발달에서 보이는 특성들을 도출하고자 한다. 제도적 변화만을 다루는 것이 아니라 교육 내용의 발달 과정, 엔지니어들의 교육 이수 정도의 분화 등을 시계열적으로 분석함으로써 독일에서 근대 엔지니어 집단의 역사적 형성 과정을 보고자 한다. 교육 내용 등의 깊이 있는 분석을 위해서 전문 분야 전체를 다루는 것이 아니라 기계 엔지니어 집단을 분석 대상으로 한정하였다.

III. 결 과

1. 국가 관료로서의 엔지니어와 기술 관료 학교의 출현

독일에서의 기계 분야 엔지니어 집단의 출현은 프랑스와 유사하게 각 공국들에서 세운 기술 관료 학교 설립과 역사를 같이 한다. 작센 공국에서는 왕실에 필요한 성 건조, 교량 건조와 각종 군사 기술 제작에 필요한 전문 기술 인력들을 자체적으로 조달할 목적으로 1743년 드레스덴에 최초의 기술 관료 학교인 엔지니어 아카데미(Ingenieurakademie)를 설립하였다. 엔지니어아카데미는 전문 인력 양성을 목적으로 하는 전문학교(Fachschule)[1]의 성격을 띠는 것으로 1670년에 비엔나에 설립된 엔지니어장교 학교를 모델로 하고 있었다(Albrecht, 1987). 이런 전문학교에 속했던 것이 1770년에 세워진 뷔텐베르크 사범학교, 1788년에 세워진 베를린 엔지니어 아카데미와 포병아카데미 등이었다.

이들 엔지니어 아카데미는 비엔나의 엔지니어 장교 학교와 프랑스에 세워진 토목 학교 모델을 따라 교육 내용을 조직하고 운영하였으나 이와 유사한 전문학교인 광산 아카데미에서는 독일만의 독자적인 교육 모델이 출현하고 있었다. 광산아카데미에서는 수학과 자연과학 분야에 관한 기초 수업과 더불어 광산, 철광 관련 전문 기술에 관한 수업이 연습과 실습을 토대로 이루어졌다(Kaiser & König, 2006). 프라이베르그(Freiberg) 광산아카데미는 대학과 유사하게 전문 분야별로 분화된 조직을 갖고 있었고, 기술 이론에 대한 체계적 연구가 시작되어 당시로서는 가장 근대적으로 발전한 기술 관료 학교로 알려지기도 했다. 독일에서 기술적으로 체계적인 교육을 제공하며 국가 관료 양성에 특히 기여한 전문학교로 명성을 얻은 학교는 1799년에 프로이센의 베를린에 세워진 바우아카데미(Bauakademie)였다.

왕실의 수요에 따라 필요한 인력만을 교육하는 기관이었기 때문에 전문학교 학생 수는 유동적이었고 점차적으로 증가하는 민간 산업 분야 기술 인력 수요에 대응하기는 어려웠다. 18세기 말까지는 독일의 민간 산업 영역은 대부분 산업화 초기 단계에 머물고 있어서 이들 영역에서 기술 인력에 대한 수요는 일부 국가 지원을 받는 기예학교(Kunst Schule), 도면 학교(Zeichen Schule), 실업학교(Realschule) 졸업생들로 충당할 수 있었다.[2] 이들 학교에서는 주로 도면, 산술, 기하, 역학 등을 가르쳤다. 이들 졸업생들은 공장 소속의 직공으로 근무하거나 바우아카데미와 같은 상급학교에 진학할 수 있었다. 기계 분야에는 18세기 말까지 베를린 바우아카데미와 같은 전문학교가 설립되어 있지 않았기 때문에 기술 관료를 제외하고는 대부분의 기술자들은 하급 학교를 거쳐 현장으로 진출하고 있었다. 즉, 이 시기에는 엔지니어아카데미, 바우아카데미와 같은 기술 관료 양성 학교 제도를 통해 국가에서 수행하는 사업들을 관리, 감독하는 기술 관료로서의 기계 엔지니어들이 작업장에서 근무하는 기술자들과 구분되어 양성되기 시작했다.

1) 법률가 등 국가 행정 관료에 대한 교육은 대학이 담당하고 있었으나 18세기에 들어서면서 이들 대학이 담당하지 못하는 전문 인력에 대한 왕실에서의 수요가 늘어나면서 이들 인력을 양성할 전문학교가 생겨나기 시작했다. 이 전문학교에는 위와 같은 군사 학교 이외에 1724년에 베를린에 설립된 Collegium Medico Chirugicum과 같은 의학교도 속한다. 이에 대해서는 Kändler (2009) 참조.

2) 이들 기술학교에 대해서는 Thyssen (1954), Lundgreen (1975)를 참조.

2. 민간 산업에 필요한 기계 엔지니어 양성 기관의 출현과 발달

가. 폴리테크 학교의 출현

국가 관료로서의 기계 엔지니어와 구분되는 또 다른 기계 엔지니어 집단이 19세기에 출현하기 시작한다. 이는 앞서 기술 관료 학교와는 구분되는 또 다른 형태의 기술학교 발달과 연관되어 있었다. 1800년으로 접어들면서 기술 교육에 대한 사회적 요구는 높아졌다. 산업혁명을 거치면서 값싼 생산품으로 유럽을 공략하는 영국에 대항하여 독일의 각 공국들에서 저마다 자국의 생산력을 높이고 경제를 활성화해야 한다는 목소리들이 높아졌다. 영국에 비해 산업화가 늦게 시작되었지만, 독일 공국들에서도 18세기 중엽부터 서서히 공장제 생산 방식의 확산이 이루어지고 있었다. 작센 공국에서만 1763년에서 1800년까지 150여개의 섬유 공장이 생겨났고, 영국에서 개발된 방직, 방적 기계, 증기기관들이 도입되기 시작했다(Rektor der Technischen Universität Chemnitz, 2003). 이들 기계제 생산 방식의 확산은 19세기 들어서는 더욱 빨라져 작센 공국의 켐니츠에 위치한 공장은 1801년에 620여대에 불과하던 방적기 수를 1812년에 18000여대까지 증설하였다. 이들 기계의 도입은 한편, 복잡한 기계 도면을 그릴 수 있는 제도사들에 대한 수요, 제도사 교육에 대한 수요는 물론, 기계에 대한 체계적 교육에 대한 수요도 높여 놓았다.

산업화를 앞당기는 기계 제작은 독일의 경우, 19세기 초까지만 해도 영국을 방문하여 이들 기계를 관찰하고 몰래 도면을 제작하여 들여오거나 기계 구입을 하여 이를 모방 제작하는 것, 혹은 전문 기술자를 초빙하는 형태로 이루어졌다(Paulinyi & Troitzsch, 1997:471). 기계 확산과 더불어 기계 제작을 이렇게 영국으로부터의 기술 전수를 통해 해결하는 데는 한계가 있었다. 게다가 새로이 개발된 기계의 경우, 영국에서의 엄격한 기계 수출 제한법으로 인해 기계 구입을 통한 모방 제작도 어려워지게 되었다. 이런 상황에서 독일 공국들에서는 국가 산업 진흥 정책의 일환으로 기술 전수를 위한 여행에 전폭적인 지원을 한다던가 기계 관련 영문 전문 서적들에 대한 번역 지원 등의 직접적인 지원 정책을 강화하였다. 동시에 간접적인 방식으로 장기적이기는 하지만 "교육을 통한 산업 진흥" 전략으로 기술 교육 전문 기관 설립을 지원하게 된다(Paulinyi & Troitzsch, 1997: 475). 이런 주정부 정책의 이면에는 18세기 독일 사회 전반에 퍼져 있던 믿음, 즉, 교육이 사회경제 발전의 추동력이 된다는 신인문주의, 계몽주의가 자리잡고 있었다.

한편, 이 정책은 어떤 교육 기관을 설립할 것인가에 대한 논의를 촉진하였고 이 논의에 큰 영향을 미친 것이 프랑스의 에꼴 폴리테크니크였다. 수공업적 필요와 경험에 근거한 전통적인 기술 교육에서 벗어나 개별 기술의 수학과 자연과학적 추상 원리를 제공하는 교육 과정으로 구성된 에꼴 폴리테크니크는 유럽 전역에서 새로운 기술학교, 즉, 고등기술학교의 전형으로 받아들여졌다. 전문학교인 이전의 기술 관료 학교와 달리 에꼴 폴리테크니크는 이들 전문학교로 진출할 학생들의 기본 교육을 담당하는 예비학교로 설립되었는데, 2년간의 교육은 개별화된 전문 기술 교육에 필요한 수학, 물리, 화학 등의 기초 자연 과학에 대한 교육으로 구성되어 있었다.[3] 이 새로운 기술 교육기관은 엔지니어들에게 근대 과학의 원리를 제공하여 작업장 기술자들과 구분되는 기술 능력을 제공할 것으로 기대되었다. 이 기술 능력은 산업화 시대에 부응하는 것이기도 했다. 독일에서는 이 새로운 학교 모델을 관찰하고자 알렉산더 폰 훔볼트, 유스투스 리비히 등이 파리를 다녀갔다(Kändler, 2009).

이런 시찰이 있고는 1825년 칼스루헤에 첫 독일의 폴리테크 학교가 설립되었다. 칼스루헤에 이어 1827년 뮌헨, 1828년에 드레스덴, 1829년에 슈튜트가르트, 1831년에 하노버, 1831년에 카셀, 1833년에 아우구스브루그, 1835년에 브라운 슈바익과 1836년에 다름슈타트, 켐니츠에 폴리테크 학교가 세워졌다.

첫 고등 기술학교로서 에꼴 폴리테크니크에 대한 논의는 많았으나 독일의 폴리테크 학교는 엄밀히 보자면 프랑스 모델을 따르고 있지는 않았다. 독일 폴리테크의 모델이 된 것은 오히려 프라하와 비엔나에 설립된 폴리테크 학교였다. 프라하와 비엔나의 폴리테크는 개별 기술 분야에 공통으로 적용되는 수학과 자연과학 원리에 기반한 교육이라는 측면에서 에꼴 폴리테크니크와 차이를 보이지는 않았으나 학교 공간 배치나 예비와 전문학교 구분에서 보여지는 에꼴 폴리테크니크의 군사학교적 특성을 받아들이지 않았다. 이보다 더 근본적인 차이는 학교의 목적에서 드러나는데, 비엔나와 프라하 학교 설립 목적은 기술 관료 양성 보다는 민간 산업에서 필요로 하는 체계적으로 훈련 받은 전문 기술자, 엔지니어 양성에 놓여 있었다는 점이다(Kändler, 2009:28). 산업에 필요한 전문 기술 인력 양성이 폴리테크 학교의 목적이었으므로 비엔나 폴리테크 학교에서는 수학적 기초뿐만 아니라 산업 현장에서 실제로 응용할 수 있는 전문 기술 교육도 학교에 설치된 작업장 교육 등을 통해 이루어졌다. 이들 폴리테크 졸업자들은 국가 관료로서만이 아니라 민간 경제 영역에 기여할 수 있는 실용 지식인(공장 경영자, 산업 조언자 등) 역할을 맡을 것으로 기대되었다(Albrecht, 1987). 특히 비엔나의 폴리테크 학교[4]는 교수 신분을 대학과 동등한 수준을 유지

3) 에꼴 폴리테크니크는 전문 학교와 달리 모든 체계적인 기술 지식 분야를 다루고자 하였다. 이들 기술 지식의 공통적인 기초는 수학과 자연과학이라고 보았다.

4) 비엔나 폴리테크 학교의 조직 원리를 제공한 요한 요제프 프레히틀(Johann Joseph Prechtls)은 대학에서 가르치는 순수 과학에 적용

해준다던가, 강의나 학습 자율권을 보장해준다는 점에서 대학과 동등한 지위를 누리고 있어 처음부터 '고등기술학교(Technische Hochschule: 후일 공과대학)'의 지위를 갖고 있었다(Kändler, 2009:29).

비엔나와 프라하에 세워진 폴리테크 학교의 제도, 교육 내용 등을 정확히 수용한 최초의 독일 폴리테크 학교는 칼스루헤 폴리테크 학교이다. 칼스루헤 학교는 "산업 현장의 고등 활동들을 맡고 있는 이들이나 수직공들, 기술 하급 관료들 등에게 실용적인 지식을 전달할 수 있는 기관"으로서 설립되었다(Hoepke, 2007:135). 설립 당시에는 실업학교 중간 수준이었으나 1832년이 되면서 수로 도로 및 기계 제작과 관련하는 엔지니어 학교, 건축학교, 화학, 광산 직종과 관련 있는 고등 공업학교, 산림학교와 통상학교로 구성된 종합 전문학교로 승격하였다. 입학생들은 이들 전문학교로 진학하기 전에 2년간의 예비과정을 거쳐야만 하였고, 이 예비과정에서는 기본 수학, 물리, 도면 제작 수업을 받아야 했다. 이들 수업은 하급 학교인 실업학교나 중등학교에서의 수업과 확연히 구분되는 수준 높은 수업이어서, 입학생들에게 상대적으로 높은 사전 지식이 요구되었다(Albrecht, 1987). 비엔나와 유사하게 실습 교육을 강조하여 1833년에 역학 실습이 가능한 작업장을 설치하였다. 실습의 강조는 인근 공장과 작업장 견학 수업, 산업 지역 시찰 여행 등도 교과과정에 포함하는 결과를 가져왔다. 이런 초기 폴리테크학교에서의 실습강조는 고등기술학교, 현재의 공과대학에까지 이어지고 있다. 일정 기간의 현장 실습을 제도화하고 있는 현재 독일 엔지니어 교육에 반영되고 있는 것이다.

폴리테크 학교의 출현으로 기계 분야 엔지니어들은 처음으로 대학과 유사하게 이루어지는 수학, 과학 이론 교육을 받게 되었고, 이들 엔지니어들은 작업 현장에서 필요로 하는 기본적인 직업 지식만을 전달받는 실업학교 출신의 기술자와 구분되기 시작했다. 실업학교 졸업생들은 주로 기계운전자, 직공 등으로 현장에 진출하게 되지만. 폴리테크 학교 졸업생들은 국가 관료, 공장 경영자, 작업 관리자, 기계제작자 등의 상급 직종에 종사하도록 되어 있었다. 독일의 폴리테크 학교는 민간 산업 현장에서 필요로 하는 전문 기술 인력 양성을 처음부터 목표로 하였기 때문에 이론 교육과 더불어 현장 경험 교육을 중시하였다. 이런 교육 과정 덕분에 폴리테크 졸업생들은 영국의 경우와 달리 작업장 경력 없이도 산업체에 진출할 수 있었고, 새로운 엔지니어 집단을 형성할 수 있었다.

되는 방법과 구별되는 고유한 기술적 방법이 기술 제 분야에 존재하고 이 때문에 기술 수업이 독자적으로 존재할 이유가 있다고 주장하였다. 독자적 방법론을 지닌 기술 분야는 순수 과학과 마찬가지의 학문적 위상을 지닐 수 있음을 의미하는 것이었다. 프레히틀의 주장에 대해서는 Albrecht (1987) 참조.

나. 폴리테크 학교의 발달

독일에서의 폴리테크 학교 발달은 모든 지역에서 균일하게 진행된 것은 아니었다. 그리고 학교의 설립 목적이나 조직 구성도 각 공국마다 상이했다. 특히, 프로이센의 경우에는 프랑스나 비엔나의 폴리테크 학교 모델을 따르지 않았다. 프로이센에서는 영국 산업화를 추격하기 위한 방안으로 공장직공, 수직공, 국가 장인들을 위한 기술 교육 기관으로 1821년에 베를린에 "고등공업학교"로서 공업연구소(Gewerbe Institute)를 설립하였다. 이 공업연구소는 국가 기술 관료 양성을 목적으로 설립한 바우아카데미(Bauakademie)와 달리 민간 산업에 진출할 기술자 인력 양성을 목적으로 한 학교였다. 즉, 비엔나나 칼스루헤 폴리테크 학교와 달리 기술 관료 양성과 민간 산업 분야 기술자 양성을 엄격히 구분하고 있었던 것이다. 주로 기계 기술자와 화학 기술자 양성을 목적으로 설립된 연구소는 설립 초기에는 예비 과정을 제외하고 1년간의 수업만을 받도록 되어 있었다.[5] 이 수업 연한은 1830년에 2년, 이어 1850년에 3년으로 연장되어 점차 전문 기술 교육에 걸맞게 변화하였다(Lundgreen, 1994). 한편, 공업연구소는 처음부터 지방 공업학교(Provinzial-Gewerbeschule) 졸업생들이 진학하는 학교로서 위치 지워졌고, 실제 산업 현장에서 필요한 기술자들의 실용 교육 기관으로서의 위상을 분명히 하고 있었다. 때문에 공업 연구소에서의 수학 교육은 1850년까지도 미분계산이나 분석 기하학처럼 고등 수학 내용을 포함하지 않고 있었다(Lundgreen, 1994: 26). 대신에 공업연구소는 현장 실습 위주의 교육을 강조하며 기계 분야의 경우 가장 최신의 영국 공작 기계를 작업 실습장에 설치하는 등 실용 교육에 집중하여, 당시 산업 현장에서 필요로 하는 기술자들을 대량 배출해낼 수 있었다. 1850년까지 연구소를 졸업한 1000여명의 졸업생들은 토목, 기계, 제련 분야로 다양하게 진출하였다(Kaiser & König, 2006: 230).

목적에 있어서 차이를 보이는 것 뿐만 아니라 교육 수준에서도 차이를 보이고 있는데, 폴리테크 학교를 개관한 연구에 따르면, 브라운슈바익과 칼스루헤의 경우는 '고등기술학교'로 불릴 수 있지만, 나머지 폴리테크 학교는 고등기술학교와 중등학교 사이에 위치하고 있었다고 한다(Kändler, 2009). 이들 교육 수준의 차이는 각 공국들에서 이들 학교의 역할에 대한 기대가 달랐기 때문에 발생하기도 했다. 예를 들어 1836년에 설립된 켐니츠 폴리테크 학교의 경우, 공장주의 아들이나 작업장을 소유한 소유주의 아들을 대상으로 하는 4년제 '고등 공업학교(Hoch Gewerbeschule)'로서 출발하였다. "공장, 혹은 수공업 분야에 종사하고자 하여 여기에 필요한 교육을 받아 조국 산업 완성에

5) 바우아카데미에 병행하는 공업학교로 창설되면서 군사 기술 관료 학교의 특성도 지니게 되었는데, 공업연구소는 학생들에게 상당한 기간 동안 군사 규율을 따르도록 하였다.

기여하고자 하는" 이들에게 필요한 교육 기관으로 일반적인 공장 운영에 필요한 정도의 기술 학문 전수가 목적이었다. 학문적 차원에서의 교육을 더 받고자 하면 드레스덴의 상급 학교로 진학해야 했다. 3년에 걸친 교과 과정 동안 수학, 물리는 물론, 기하학, 이론 화학, 기계 도면 제작 등을 배우는 데, 기계 도면 제작의 수업 비중이 가장 높았다(Rektor der Technischen Universität Chemnitz, 2003:19). 뮌헨의 경우도 비슷하여, 수공업 종사자들에 대한 중등 기술학교 정도로 폴리테크 학교가 운영되었을 뿐이었다.

독일 산업화의 진전과 더불어 전문 기술 인력에 대한 수요는 더욱 증가했고, 기술 수준 또한 높아지면서 폴리테크 학교의 교육 내용, 조직에 대한 변화는 불가피해졌다. 이들 외부 환경의 변화는 기계 제작 분야의 교육 내용 변화를 결과하기도 하는데, 이를 가장 잘 보여주고 있는 곳이 칼스루헤 폴리테크 학교이다. 비엔나 폴리테크 학교 출신의 페르니단드 레드텐바허(Ferdinand Redtenbacher)는 1840년대 기계 제작의 수학적 이론에만 치중하는 에꼴 폴리테크 수업에 대항하여 수학 이론 수업과 경험에 기반한 설계 디자인 수업을 결합한 새로운 기계 제작 수업 모델을 개발하였다(König, 1999). 레드텐바허의 수업은 독일 폴리테크 학교가 에꼴 폴리테크니크와 비엔나 폴리테크를 뛰어넘어 이론-실천 결합의 새로운 기술 교육 기관으로 발전했음을 보여주는 것이기도 하였다. 한편, 레드텐바허의 수업은 기계 제작에서 수학. 역학 등의 기초 과학 이론의 중요성을 더 높여주었고, 동시에 경험 연구를 위해 기계 제작 작업장이 얼마나 중요한지를 보여주는 것이었다. 기계 제작 분야에서의 이런 수업 모델은 점차 독일 폴리테크 학교의 특성으로 자리잡혀갔다. 이론 수준의 상승은 폴리테크 입학생 연령을 초기 13-14세에서 16-17세로 올려 놓았다. 입학 자격 요건 또한 실업학교 졸업, 실업 김나지움 졸업 등으로 강화되었다(Albrecht, 1987).

한편, 1840년대 이후로 대다수 폴리테크 학교들에 토목 건축, 기계, 화학기술부, 산림학부 등이 통합, 혹은 새로이 개설되면서 국가 기술 관료 영역들이 모두 포함되게 되었다. 1860년대에 들어서 폴리테크 학교는 민간 기술자 교육만이 아니라 국가 기술 관료 양성을 전적으로 책임지는 교육기관으로서의 위상을 지니게 되었다. 이전의 광산 아카데미, 엔지니어 아카데미의 역할이 모두 폴리테크로 통합되게 되었다. 드레스덴과 칼스루헤는 이 무렵 대학과 유사한 고등교육기관으로서의 지위와 권위를 갖게 되었다. 칼스루헤 폴리테크 학교는 1865년에 임명권과 행정 자율권을 부여받아 후일 공과대학교인 이름만 없는 '고등기술학교'로 승격하였다.

폴리테크 학교의 졸업생들은 최초 학교 설립 목표에 따르자면, 산업체 엔지니어와 국가 기술 관료로 모두 진출할 수 있었다. 그러나 산업체 엔지니어로 진출한 이들은 1860년까지 기술 관료에 비해 상대적으로 적었다. 1860년대까지의 초기 산업화 시기 동안 민간 경제 분야에서 수준 높은 기술 교육을 받은 엔지니어에 대한 수요는 여전히 낮아서 대기업에서조차 폴리테크 학교를 졸업한 엔지니어는 소수에 불과했다. 베를린 공업연구소를 제외하고는 폴리테크 학교 졸업생들은 대개 국가시험을 통해 기술 관료로 진출하였다(Kaiser & König, 2006). 한편, 폴리테크 학교의 공식적인 졸업 시험은 1860년까지 국가시험 밖에는 존재하지 않아서, 산업체로 진출하고자 하는 기계 제작부 졸업생은 졸업 시험(졸업증서)을 치르지 않고 산업 현장으로 진출하였다. 즉, 폴리테크 학교는 원래 목적과는 달리 주로 19세기 중엽까지 기계 분야 기술 관료 엔지니어 양성 학교로서 역할을 하였고, 폴리테크 기계 분야 졸업생들은 주로 국가 사업으로 진행되는 철도, 광산, 수로와 도로 건설 분야로 진출하였던 것이다.

다. 폴리테크에서 고등기술학교(Technische Hochschule)로

앞서 보았듯이 기술제작 등 기술 지식의 의 수학, 과학 토대를 정립하고, 이와 관련된 교육 내용을 강화하면서 칼스루헤나 드레스덴 폴리테크 학교는 대학과 거의 동등한 교육 기관으로서 지위를 구축해갔다. 형식적으로도 입학 연령을 높이고 입학 자격 요건을 강화하여 김나지움 아비투어를 요건으로 하는 대학 입학 자격에 버금가도록 하였다. 나아가 당대 대학의 특징으로 여겨지는 자율 행정 요소들-기계학부 등의 학장 선출, 폴리테크 학교 총장 선출 등-을 폴리테크 학교에도 부여할 것을 요구하고 이를 획득하는데 성공하였다. 1867년에는 폴리테크 학교에서는 처음으로 칼스루헤에서 졸업 시험으로 디플롬을 도입하였다. 이듬해에는 기계 제작에 대한 교수자격시험 권한도 부여받았다(Hoepke, 2007). 이름 변경은 이보다는 훨씬 후에 이루어져서 1885년에야 칼스루헤 고등기술학교(Technische Hochschule Karlsruhe)가 탄생하게 된다. 드레스덴의 경우는 1890년에 고등기술학교 명칭을 얻었다. 뮌헨의 경우도 1868년에 고등교육기관 정관을 부여받았다.

대학과 동등한 지위의 기술 교육 기관으로 변모하고자 하는 노력은 베를린 공업연구소에서도 마찬가지였다. 1850년에 이르러 공업연구소는 고등 수학 수업을 도입하고 입학 연령도 17세로 높이고, 기계. 화학, 토목 직공 분야로 나누어 각각 3년 간 전문 교육을 받도록 하는 체제를 새로이 도입하여 기존 폴리테크 학교의 변화를 좇았다(Herrman, 1954). 한편, 군사 기술 관료 학교 체제를 본받았던 공업연구소에서는 다른 폴리테크 학교와 달리 의무 수업 등의 구체제도 개선해야 하였다. 의무 수업 대신에 학생들에게 학습 자율권을 부여하였고, 행정 자율권

요소들도 도입하여 고등기술학교로서의 면모를 갖추어갔다. 1866년에 공업아카데미로 개칭된 공업연구소는 1876년에 기계 제작부에 국가시험제를 도입하고, 1879년에 바우아카데미와 통합하여 베를린 고등기술학교(Technische Hochschule Berlin)로 재탄생하였다. 고등기술학교는 폴리테크 학교와 달리 국가시험과 별도로 공학 분야 졸업 시험(디플롬) 권한을 갖추게 되어 과거 기술자와 구분되는 디플롬 인제니어를 배출하게 되었다. 대학과 동등한 지위를 갖추게 된 고등기술학교는 이들 디플롬 인제니어에게 대학에서 배출하는 학자와 유사한 권위를 부여할 수 있게 되었다.

폴리테크 학교를 고등기술학교로 승격시키려는 노력은 특히 폴리테크 학교 교수들과 산업체에 종사하는 엔지니어들에 의해 지지를 받았다. 폴리테크 교수들의 경우, 대학 교수들에 비해 자신들이 저급하게 여겨지고 있음을 불만스러워했고 산업체 종사자는 국가 시험과 같은 형식을 통해 배타적으로 전문 영역에 진출할 수 있는 기술 관료들을 자신들이 도달해야 할 사회적 위상으로 보았다(Lundgreen, 1994). 폴리테크 교수들은 기술 관료 교육의 경우, 대학과 유사한 수준의 교육이 이루어지고 있으며, 특히 기술학 분야에서의 수학화는 기술학과 대학에서의 순수 과학과의 차이를 거의 의미없는 것으로 만들었다고 보았다. 이들은 한편으로 대학과의 차이를 줄이고자 기계학 이론 등을 수학, 자연과학의 언어, 과학적 법칙 유도와 연관하여 정리하고자 하였다. 이런 노력을 통해 학문적으로 자신들이 저급한 취급을 받을 이유가 없다는 것을 보이고자 하였고, 이를 고등기술학교에 대학과 동등한 지위를 부여함으로써 해결하고자 하였다. 산업체 종사자들 역시 기술 분야에도 기술 관료들에 해당하는 자격증을 부여할 수 있는 고등기술학교로의 승격을 적극 지지하였던 것이다. 이렇게 폴리테크 학교를 통해 체계적 훈련을 받은 폴리테크 출신 엔지니어 집단은 하급 기술 학교 출신의 기술자와의 구별을 강화하는 한편, 대학과 동등한 지위를 폴리테크에 부여함으로써 자신들의 사회적 위상을 높이고자 하였던 것이다. 기계 엔지니어들 역시 이런 움직임의 선두에 있었다.

3. 폴리테크 학교의 발달과 기계 엔지니어 집단의 출현

폴리테크 학교에서 고등기술학교로의 기술교육 기관의 발달은 새로운 기계 분야 엔지니어들의 출현을 결과하였다. 이들은 전통적인 기술자들과 달리 자연과학 교육을 이수하고 학교 작업장 실습을 거쳐 산업체, 국가 관료 등 다양한 영역에서의 기술 활동에 종사하게 되었다. 여기서는 이들 기계 분야 엔지니어의 형성 과정을 간략하게 살펴본다.

가. 기계 엔지니어 집단의 양적 성장과 분화

민간 산업에 필요한 전문 인력의 양성이라는 차원에서 설립된 폴리테크 학교 대부분에는 초기부터 기계 관련 학부가 존재하고 있었다. 기술 지식의 토대로서 수학, 물리와 자연과학을 학습하고, 이의 응용으로서 기계제작 관련 지식을 배우는 엔지니어들은 폴리테크 학교의 설립과 더불어 처음으로 독일 사회에 출현하게 된다. 여기서는 이들을 기계 엔지니어로 통칭하고자 한다. 이들은 독일에서의 산업화 진행이 가속됨에 따라 양적인 증가를 보이는데, 이는 폴리테크 학생 수의 변화에서도 엿볼 수 있다. 1821년에 설립된 베를린 공업 연구소에는 첫해 13명이 입학하였으나 1840년에는 100명, 1853년에는 165명, 1860년에는 302명, 1869년에 499명으로 증가하였다(Nottebohm, 1871). 1850년까지 베를린 공업 연구소에 입학하여 졸업한 학생은 650명으로 기록되고 있다. 이 데이터들에는 기계 전공자 분류가 되어 있지 않지만, 전체적인 증가율은 기계 전공 엔지니어들의 증가율과 크게 다르지 않을 것으로 보인다. 실제 공업 연구소는 기계 엔지니어와 화학 엔지니어 양성을 주 목적으로 세워졌다. 칼스루헤의 경우, 1847년에 기계제작 학교에 38명이 입학하였으나 1859/60년에는 이 수는 215로 늘어났다(Hoepke, 2007). 뉘른베르그와 아우구스부르그의 1861년도 학생 수는 65명, 81명으로 기록되어 있었다.

기계 엔지니어 집단의 구성 변화는 이들의 교육 이수 정도 변화로 추정할 수 있다. 독일 엔지니어협회 회원들의 교육 이수 변화를 추정한 연구에 따르면, 1860년을 전후로 교육 이수 정도가 크게 변한 것을 알 수 있다(Gispen, 1994). 즉, 기계 공학/철제련 분야에서는 1800-1829년 사이에 아비투어 자격을 갖춘 고등교육 이수자가 9%에 불과했으나 1860-1889년에는 52%, 아비투어 자격을 갖추지 않은 고등교육 이수자는 36%에서 7%로 급감, 고등교육을 받지 않은 기술자들 역시 30%에서 14%로 줄어들고 있어, 이 분야의 전문화가 두드러지고 있음을 알 수 있다. 기계공학 분야 기술자들의 직위 분포도 시기별 변화를 보이는 데, 낮은 교육 수준을 갖춘 공장 소유 기술자 그룹이 1800-1829년 사이에 기계공학 분야에서 43%로 가장 높은 비중이었으나 1860-1889년에는 15%로 줄어들었고, 기술 관료의 비중은 7%에서 10%, 감독 엔지니어가 17%에서 28%로, 교수가 13%에서 29%로 증가하는 경향을 보였고, 고용 엔지니어의 비중은 4%에서 10%로 증가하고 있었다. 앞서 언급하였듯이 1860년대까지 폴리테크 학교 졸업생들이 산업체 진출이 낮았다는 것은 여기서도 보인다. 한편, 기계 분야 기술자 전체 집단의 대다수를 이루고 있는 것은 1860년까지도 실업학교 출신의 기술자들이었지만, 1860년대 이후에는 폴리테크, 고등기술학교 출신의 기계 엔지니어들이 급격하게 증가하게 된다. 숄의 연구

(Scholl, 1978)에 따르면 이들 학교를 졸업한 엔지니어들 대다수는 관료, 기업가 자제로 상층의 배경을 지니고 있었다. 철도 분야에 종사하던 기계 엔지니어들 역시 이와 큰 차이를 보이지 않았다. 이들은 독일 엔지니어협회로 조직되어 기술 진보에 의한 독일 경제 발전을 공통으로 추구하고 있었다.

나. 기계공학의 수학화: 기계 기술 교육 내용의 변화

앞서 폴리테크 학교의 변천에서 서술하였듯이 기술 교육 내용에서 수학이 차지하는 비중은 점차로 높아가고 있었다. 1821년에 설립된 베를린 공업 연구소의 시간표를 보면 저학년의 경우, 기하학, 계산 등에 할당된 수학 수업은 일주일에 8시간, 고학년에서는 일주일에 12시간인 것을 볼 수 있다. 이 시간표는 1845년이 되면 뚜렷한 변화를 보이는데, 공통 수업으로 순수 수학 수업은 시간 뿐만 아니라 배우는 내용도 확장되고 있는 것을 볼 수 있다. 즉, 기하학과 계산학에 머무르던 수업은 기하학, 대수학, 미적분 계산, 분석 기하, 실용 계산으로 확장되고 있었다. 기계 기술 전공자에게는 동력 기계(증기기관), 철도, 철건축 설계, 역학 기술 수업과 아울러 8일간의 작업장 노동 수업이 주어졌다. 1857년에 이르러서는 수이론, 방정식, 물리 법칙에 대한 수학적 설명, 실험 화학 등 공통 과목이 늘어나고 있는 것을 볼 수 있다. 엔지니어들에 대한 과학, 수학적 토대를 더 단단히 하는 것으로 교육 내용의 변화가 이루어지고 있었다. 전공 교육에서는 이론 수업의 내용들이 더 첨가되고 있는 것을 볼 수 있다.

칼스루헤 폴리테크 학교의 예에서 보이는 것처럼 이론 중심의 교육에 대한 비판에도 불구하고 기초 토대로서 수학, 역학 학습에 대한 강조는 더욱 강화되었다. 앞서 고등기술학교에 대학과 동등한 자격을 부여해야 한다는 논의에서 보이듯이 폴리테크 교수들은 기계학 등이 순수과학의 특성을 지니고 있다고 주장하였다. 이들은 기계학은 순수 과학에서 사용하는 수학이라는 공통의 언어로 모두 표현되고 있음을 강조하였다. 때문에 폴리테크 교수들은 기계 설계, 도면 제작 등에서 수학적 이론 적용이 가능함을 보이고자 하였다. 이런 소위 수학화 과정을 통해 기계학 등 공학 전반이 대학에 자리잡은 자연과학과 다르지 않음을 주장하고자 하였던 것이다. 자연과학과 유사한 공학을 다루는 고등기술학교의 엔지니어들이 학문적으로 저급한 취급을 받을 이유가 없다고 보았다. 따라서 고등기술학교에 대학과 동등한 지위를 부여받을 수 있다고 주장하였던 것이다. 폴리테크 학교에 이어 기계학 등에서 보이는 수학화는 고등기술학교에서도 계속 이어졌다. 이렇게 기계 공학을 비롯한 공학 분야에서 기술 지식을 수학 언어로 표현하고자 했던 노력은 엔지니어 집단의 사회적 위상 확보와 밀접한 연관을 맺고 있었다.

VI. 요약 및 결론

독일 기계 엔지니어 집단의 탄생은 기술 교육 기관인 폴리테크 학교 설립과 더불어 시작되었다고 할 수 있다. 영국의 산업화를 따라잡고자 했던 독일은 교육을 통한 산업 진흥책을 택하였고, 이 정책에 따라 각 공국에서는 공국의 재정으로 폴리테크 학교를 설립하였다. 기술 교육의 기본 원칙으로서는 프랑스 에꼴 폴리테크니크를 따르고 있지만 독일 폴리테크 학교의 모델이 된 것은 비엔나 폴리테크 학교였다. 폴리테크 학교는 기술 관료 양성보다는 민간 산업에 필요한 전문 기술 인력 양성을 목적으로 하고 있었고, 이 때문에 에꼴과 같은 이론적 교육보다 실천적인 기술 지식 교육에 더 중점을 두었다. 이는 처음 설립에서부터 기계 제작 작업장을 설치했던 것에서도 보인다. 작업장 실습 이외에도 폴리테크 학교에서는 공장 현장 견학 혹은 이들 공장에서의 실습도 강화하는 등 현장에 필요한 엔지니어 교육을 중시하였다. 이론과 실습의 결합은 현재 독일 기술 교육에 그대로 이어지고 있다.

초기 폴리테크 학교들은 그 목적이나 교육 내용 수준 등에서 주정부 마다 차이를 보였지만, 1860년대에 들어서는 폴리테크 학교는 기술 관료 양성 역할을 도맡아 수행하는 한편, 고등기술학교로서의 면모들을 갖추어가기 시작했다. 이 과정에서 폴리테크 학교는 입학 자격 요건을 강화하고, 입학 연령을 높이고 행정 자율권을 획득하여 대학과 동등한 지위를 확보하고자 하였다. 이런 노력은 디플롬 인제니어 도입과 더불어 대학과 동등한 지위의 고등기술학교로의 변화로 결과했다.

이들 폴리테크 학교의 발달과 더불어 기계학의 수학, 과학 토대를 익힌 새로운 기계 엔지니어들이 출현하게 되고, 기계 기술자 집단내의 분화도 일어나게 된다. 초기 하급 학교 출신의 기계 기술자들이 대부분이던 기계 기술자 집단에서 폴리테크 출신의 기계엔지니어들이 감독 관리자, 상담자, 교수, 기술 관료직으로 진출하며 새로운 집단을 형성한다. 이들은 폴리테크 학교의 고등기술학교로의 승격 과정을 지지하며, 이를 통해 자신들의 사회적 위상을 높이고자 하였다. 이 과정에서 특히 기계학의 수학화를 도모하였다. 즉, 기계학 분야 지식을 자연과학의 수학 언어로 표현하여 기계학의 사회적 위상을 높이고자 하였다. 이를 토대로 엔지니어들에게도 대학 졸업자와 동일한 사회적 지위를 부여하도록 한 것이었다.

참고문헌

1. Albrecht, H.(1987). Technische Bildung zwischen Wissenschaft und Praxis: Die Technische Hochschule Braunschweig

1862-1914, Hildesheim: Olms Weidemann.
2. Herrman, A. (1954). Technische Universität Berlin-Charlottenburg, Basel.
3. Höpke, K.P. (2007). Geschichte der Freidericianan: Station in der Gesschichte der Universität Karlsruhe(TH) von der Gründung 1825 bis zum Jahr 2000, Karlsruhe: Uni.-Verl.
4. Gispen, K.(1989), New profession, old order. Engineers and German Society, 1815-1914, Cambridge: Cambridge University Press.
5. Gispen, K.(1994). "Die deutsche Ingenieurelite, 1840-1930: Eine Analyse der Nachrufe," in Lundgreen, P. & Grelon, A. (eds), Ingenieure in Deutschland, 1770-1990 Frankfurt/New York: Campus. pp. 221-241.
6. Kaiser, W. & König, W. eds.(2006). Geschichte des Ingenieurs. Ein Beruf in sechs Jahrtausenden, München/Wien: Hanser Verlag.
7. Kändler, W. (2009), Anpassung und Abgrenzung: Zur Sozialgeschichte der Lehrstuhlinhaber der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg und ihrer Vorgängerakademien, 1851 bis 1945, Stuttgart: Steiner.
8. König, W. (1999), Künstler und Strichezieher: Konstruktions- und Technikkulturen im deutschen, britischen, amerikanischen und französishcen Maschinenbau zwischen 1850 und 1930, Frankfurt am Main: Suhrkamp.
9. Lundgreen, P. (1975). Techniker in Preussen während der frühen Industrialisierung: Ausbildung und Berufsfeld einer entstehenden sozialen Gruppe, Berlin: Colloquium-Verl.
10. Lundgreen, P. (1994). "Die Ausbildung von Ingenieuren and Fachschulen und Hochschulen in Deutschland, 1770-1990." in Lundgreen, P. & Grelon, A. (eds), Ingenieure in Deutschland, 1770-1990 Frankfurt/New York: Campus. pp. 13-78.
11. Nottebohm, F.W. (1871), Chronik der Königlichen Gewerbe-Akademie zu Berlin. Festschrift zur Feier des fünfzigjährigen Bestehens der Anstalt, Berlin: Decker
12. Paulinyi, A. & Troitzsch, U. (1997). Propyläen Technik Geschichte. Mechanisierung and Maschinisierung, Berlin: Propyläen Verl.
13. Rektor der Technischen Universität Chemnitz (2003). Von der Kgl. Gewerbeschule zur Technischen Universität, Chemnitz.
14. Scholl, L. U. (1978), Ingenieure in der Frühindustrialisierung. Staatliche und private Techniker im Königlreich Hannover und an der Ruhr 1815-1873, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
15. Thyssen, S. (1954). Die Berufsschule in Idee und Gestaltung, Essen: Giradet.

박진희 (Jin Hee Park)
서울대자연과학대학 물리학과 졸
베를린공대 과학기술사학과 석,박사 졸
현재: 동국대학교 교양교육원 조교수 재직
E-mail: park0227@gmail.com