Journal of Engineering Education Research
Vol. 14, No. 5, pp. 37~45, September, 2011

19세기 미국 기계 엔지니어 집단의 양성과정의 재해석

이관수†
동국대학교 교양교육원 강의교수

The Advent of the 19th Century American Mechanical Engineers: A Reinterpretation

Kwan Soo Lee†
Center for General Education, Dongguk University

ABSTRACT

This paper suggests a reinterpretation on Calvert's thesis of the conflict between “shop culture” and “school culture”. Robert H. Thurston, who Calvert portraited as the proponent of school culture, was a man from shop culture and the shop culuture's old boy network was essential for Thurston's many achievements as an engineer and educater. This reinterpretation based on the narrowing the scope of the American mechanical engineers in the 19th century into those who shared and inherited the social recognition as the leading machinists from the social upper strata machinist such as the Stevens via machine tool makers of the mid century.

Keywords: Shop culture, School culture, Science and engineering, Mechanical engineers, ASME, The 19th Century America

I. 서 론

미국의 기계 엔지니어 양성과정을 이야기할 때, 가장 곤란한 점은 당시에 누가 기계 엔지니어였는지를 가늠하는 합의된 명시적 준거들이, 당시에는 물론 현재에도, 없다는 점이다. 교육에 초점을 맞추어 “기계 엔지니어”가 대학 수준의 교육기관에서 체계적인 기계공학교육을 받은 사람으로 풀이한다면, 1870년에 설립된 스티븐스 공대가 졸업자들을 배출하면서 미국의 기계 엔지니어가 처음 등장하였다고 볼 수 있다. 사회적 기능을 기준으로 “기계 엔지니어”를 복잡한 기계 시스템의 유지, 보수, 개선 활동을 지속적으로 수행하는 전문 인력으로 풀이한다면 1840년대에 이미 어엿한 기계 엔지니어들이 출현하였다.[1] 사회적 지위와 계보의 측면에서 1800년을 전후로 등장한 미국 북동부 명문가문 출신의 기계제작자들이 1840년대의 기계 엔지니어의 선구였다. 한편 19세기 미국 기계 기술에 대한 현대의 대중적 이미지를 대표하는 엘리 휘트니, 사이러스 맥코믹, 사무엘 콜트 등의 발명가-사업가들은 교육과 사회적 역할의 측면에서 엔지니어라고 하기 힘들다.

이러한 모호성과 괴리가 19세기 미국 기계 엔지니어 집단에 대한 역사적 연구가 드문 한 이유일 것이다. 40여 년 전 19세기 미국 기계 엔지니어 집단의 역사를 직접 다루는 것으로는 현재까지도 유일한 연구서(Calvert, 1967)가 출판된 이래, 같은 시기를 다루는 연구들은 “기계 엔지니어” 대신 “학문적 기계공(philosophical mechanics)”이나 “기술가(technologist)” 또는 “기계제작자 (machinist)” 같은 범주를 사용하였다.(Ferguson, 1980; Sinclair, 1974; Meyer, 2006).[2]

캘버트의 연구는 소위 경험에 기초한 “작업장 문화(shop culture)”와 과학에 근거한 “학교 문화(school culture)”를 처음 정식화하고 대비시킨 것이다. 그는 주로 로버트 헨리 써스턴의 논설과 활동을 통하여 “작업장 문화”와 대비되는 “학교 문화”의 특성을 파악하고, 두 문화의 갈등이 미국 기계 엔지니어들의 전문직업화 과정의 중심에 있었다고 주장하였다.

Received 25 August, 2011; Revised 19 September, 2011
Accepted 24 September, 2011
† Corresponding Author: ksleeyz@gmail.com

1) 엔지니어의 사회적 기능을 이렇게 파악하는 최근의 사례로는 에저튼(2006)이 대표적이다.

2) 물론 미국 기계 엔지니어 개인---특히 19세기 후반의---을 다루는 연구 논문들은 다수가 존재하며, 주제를 엔지니어링이나 기계 기술, 공업화로 넓히면 연구서들이 나열이 불가능할 정도로 많다. 이 글의 논지도 이러한 연구들에 힘입어 캘버트의 연구를 재해석한 것이라고 할 수 있다. 하지만 불가분한 인접 주제들에 대한 풍부한 연구들에도 불구하고, 여전히 기계 엔지니어들에 대한 연구가 극소수라는 점은 ‘19세기 미국의 “기계 엔지니어”가 누구인가라’는 질문에 대한 답변이 쉽지 않음을 보여준다.

써스턴은 미국 기계 공학자 협회(이하 ASME)의 초대 회장으로 추대된 인물로서, 스티븐스 공대와 시블리 공대(현 코넬대학교 공과대학)에서 미국 최초로 대학수준의 기계공학 교육과정을 만들어 내었다. 그는 세기 전환기에 공학은 응용과학이라는 주장의 주요 주창자로서 국제적인 주목을 받았다 (Kline, 1995).

캘버트의 주장은 공학교육사 연구에 큰 영향을 미쳤으나, "학교 문화를 [대변하는] 리더십이 정확히 어떻게 발달하였는지" 그리고 "기계 작업장의 사회적 기반이나 기계 작업장 자체가 [어떤 것이었는지]"에 대해서는 소략하다는 비판을 받기도 하였다(Rosenberg, 1967).

이 글은 19세기 미국에서 기계 엔지니어로서 필요한 전문능력의 습득과정(교육) 뿐만 아니라 직업적 성공을 추구하고 유지하는 데 필요한 사회·문화적 인정과 자원을 획득하고 배분하는 과정(양성)에까지 시야를 확장하면, 그들에 대한 몇몇 의문들---정체성의 형성과정, 작업장 문화와 학교 문화의 관계---에 대한 답변이 자연스럽게 떠오를 수 있음을 보이고자 한다.[3] 보다 좁게는 19세기 초 이래 써스턴과 ASME의 핵심인물들로 이어지는 계보를 추적함으로써 "작업장 문화"와 "학교 문화"의 간극이 19세기의 마지막까지 그다지 크지 않았음을 주장할 것이다.

또한 이런 확장은 19세기 미국 기계 엔지니어와 프랑스, 독일, 영국의 기계 엔지니어들의 차이를 잘 보여줄 것이다.

II. 기계제작자들의 등장

1790년대부터 1830년대 초까지 미국 북동부 지역에서는 기계공(mechanic) 수준을 넘는 기계제작자(machinist)들이 등장하기 시작하였다. 남북 전쟁 이전까지의 시기를 다루는 최근의 연구들은 이들 기계제작자들이 직업적 네트워크를 이루고 있었고, 이들이 산업 내 그리고 산업간 활발히 이동함으로써 기술혁신이 촉진되었다고 분석했다 (Meyer, 2006; Thomson, 2009). 특히 메이어는 당시의 미국으로서는 기계 공업이 20세기의 전자기술 만큼 하이테크 산업이었고, 남북전쟁 전 미국 북동부의 사회적 기술혁신구조가 20세기의 실리콘 벨리를 방불케 하는 것임을 강조하였다.

메이어와 톰슨의 주목한 기계제작자들 중 일부가 기계 엔지니어의 정체성을 갖추게 되는데, 이 과정에는 기술 혁신 이외에도 사회적 구조와 산업구조와 밀접한 관련을 맺은 정체성, 그리고 미국적 과학 관념이 중요한 역할을 하였다.

1. 19세기 초 명문 기계제작자(machinist)의 출현

유럽과 비교할 때, 초기의 미국 기계 제작자들의 두드러진 한 특징은 주정부 때로는 연방정부 차원에서 강력한 영향력을 발휘하는, 오래된 유력 가문 출신자들이 직접 기계공과 함께 기계 개발과 제작에 참여하였다는 점이다.

종종 미국 산업 혁명의 시작으로 거론되는 브라운&알미사의 방적공장은 1780년대 말에 모제스 브라운이 아크라이트식 방적기의 복제를 시도하면서 시작되었다. 브라운은 로드아일랜드 식민지 창설자의 직계 자손이자 미국 혁명의 급진적 지도자로서 로드아일랜드주의 유력한 정치지도자였다. 다양한 사업체를 운영했던 브라운은 프로비던스의 주물공인 윌킨슨 부자와 함께 외형적 복제까지는 성공하였지만, 정작 방적에는 실패했었다. 1789년 영국의 아크라이트식 방적공장에서 도제 생활을 경험했던 사무엘 슬레이터는 이 사건의 소문을 듣고, 기술유출을 금지하는 영국법을 피해, 아크라이트 방식을 구성하는 기계들의 설계를 암기하여 도미하여 브라운의 개발 작업에 참여하였다. 그들의 수력 방적공장은 1793년에야 생산을 시작하였는데, 이렇게 시간이 오랜 걸린 이유는 슬레이터와 주물공인 윌킨슨 일가가 필요한 부품들을 만족스럽게 제작하는데 여러 번 시행착오를 겪었기 때문이었다. 이후 슬레이터는 브라운 일가의 가족회사에 파트너로 참여하고, 연방정부 차원의 유력 정치인들과 교류할 정도로 신분상승을 이루었다. 그는 영국의 무명 기계공에서 비록 낙후된 미국이지만 한 주의 명사이자 유력자로 신분 상승을 이루었다.

증기기관 제작과 기술 확산 과정은 당시 미국에서 유력 가문의 일원이 직접 기계 제작에 뛰어들었고, 적어도 일부 기계제작자들은 상류층의 일원으로 여겨졌음을 잘 보여준다. 이 과정은 뉴욕주 일원에 기반을 둔 루즈벨트가, 리빙스턴가 그리고 스티븐슨가 사이에서 벌어졌다.[4] 이들은 직접 기계제작과 고안을 뛰어들었다. 니콜라스 루즈벨트는 물레바퀴식 증기선 추진기의 발명자이고, 존 스티븐스 3세는 스크류 프로펠러, 그의 아들 로버

3) 전문직업은 여타 직업들에 비해 우월적 지위와 배타적 특권을 누리는 것이 전형적이다. 현대사회의 의사와 변호사의 경우처럼 전문직업 진입과정이 공식적으로 제도화된 경우에는 진입에 필요한 지식과 능력을 획득하는 과정과 전문직업 활동에 필요한 지위와 권위를 획득하는 과정이 동일하거나 밀접하게 연계되어 있다. 19세기 프랑스와 독일에서는 엔지니어들도 진입과정이 공식적으로 제도화되었다. 반면에 이 시기 미국에서는 그렇지 않았다. "양성"이 "교육"을 내포하기에, 잠정적으로나마 본문에서와 같이 구별하였다. 보다 적절한 개념어를 확립하기 위해서는 전문직업화 과정이 장기적이었거나 미완성 단계에 머무른 사례들에 대한 연구들이 필요하다. 이 글의 착상은 19세기 미국 의사들의 전문직업화에 대한 연구(Starr, 1982)에서 얻었다.

4) 이들은 모두 인척관계이며, 리빙스턴 가문과 스티븐슨 가문은 모두 18세기 초 이래 각각 뉴욕주와 맨허턴 건너편 뉴저지주의 대지주였다. 네덜란드계인 루즈벨트 가문은 맨해턴에 기반을 둔 상공업계의 유력 가문이었다.

트는 T형 철로의 발명자이다. 로버트 리빙스턴은 파리에서 로버트 풀턴과 함께 증기선 제작과 운전을 시도했었다. 모두 서로 인척관계인 이들은 증기선 개발과 운영권 독점을 놓고 격렬한 경쟁을 벌였으나 프로젝트에 따라서는 협력하기도 하였다. 이들이 봉착한 가장 큰 기술적 문제는 와트식 증기기관을 제작하는 일이었는데, 주물공장에서 출발한 뉴커맨식 증기기관 제작소를 운영하던 니콜라스 루즈벨트로서는 실패를 거듭하고 있었다. 성공의 계기는 영국 출신으로 존 스미튼에게서 훈련받은 건축가 겸 토목공학자인 벤자민 라트로브 1세가 필라델피아의 배수프로젝트를 위해 와트-볼튼회사의 직원을 데려오면서부터였다. 당시 미국의 철물 가공기술이 낙후된 탓에 라트로브는 나무 보일러를 사용해야 했었지만(Latrobe, 1809), 이 프로젝트 현장을 여러 차례 방문한 니콜라스 루즈벨트는 와트식 증기기관의 제작의 요령을 찾아내었다(Meyer, 2006). 루즈벨트는 리빙스턴과 스티븐스에게 각기 와트식 증기기관을 공급하였고, 스티븐스와 그의 아들들은 노하우를 익히고 근거지인 호보켄에 주물공장을 차려, 와트식 엔진과 증기선을 직접 제작하였다(Watkins, 1892).

스티븐스 일가는 내륙수운용 증기선 운영권 독점에 실패한 이후, 1812년부터 아직 보급되지 않은 증기 철도의 주요 주창자로 변모하였다.(Stevens, 1812) 존 스티븐스 3세는 나름대로 시험용 증기기관차를 설계·제작하기도 했으나 상업운전에 필요한 성능을 달성하지는 못해서, 1830년 영국의 스티븐슨회사로부터 증기기관차를 수입하여 뉴욕과 필라델피아의 근교를 잇는 미국 최초의 상업운영 철도를 개통하였다. 스티븐스 부자는 부품 형태로 수입한 기관차를 조립해보고, 이후에는 기관차를 자체 제작했다. 그들은 이 모든 과정을 대중에 공개하였는데, 필라델피아에서 온 참관인이있던 귀금속 장인 메티아스 볼드윈은 이 과정에서 기관차 제작의 노하우를 익혀서 유명한 볼드윈 증기기관차 제작소를 설립하였다.

지금까지 살펴 본 기계제작자들은 일정한 경향성을 보여준다. 그들은 식민지 시기부터 내려온 명문가의 일원이거나 그들과 합작한 장인이었다. 명문가 출신의 기계제작자들은 당연히, 비록 근대적인 과학 중심 교육은 아니지만, 대학 수준의 교육을 받은 사람들이었다. 또한 그들은 서로 인맥(姻脈)으로 연결된 경우가 대부분이었고, 정부권력을 동원할 정도로 정치적 영향력을 보유하고 있었다. 존 스티븐스 3세는 미국 특허법 제정과정을 주도한 가장 강력한 청원자였으며, 리빙스턴은 당시 미국으로서는 가장 중요한 외교 상대인 프랑스 대사였다. 그들과 합작한 장인들은 기계제작자로 변신하면서 유서 깊은 명문의 일원이 되거나 버금갈 정도로 신분상승을 이루어, 당대나 다음 세대에 명문가들과 인맥(姻脈)으로 연결되었다. 풀턴은 리빙스턴가의 사위였으며, 루즈벨트는 라트로브의 딸을 아내로 맞이하였다. 이러한 현상은 같은 시기 유럽의 경우와 달리 미국에서는 적어도 일부 저명 기계제작자들이 사회의 최상층부로 여겨지는 경향을 낳았다. 즉 1800년대 초의 미국 북동부에서는 기계 엔지니어와 유사한 역할을 수행하기 위해서 사회적 인정이 필요했던 것이 아니라 사회적 인정을 이미 누리는 계층이 새로운 기계 제작을 주도했던 것이다.

또한 당시 미국 기계 제작의 기술 수준이 높지도, 축적된 노하우가 그다지 많지도 않았다. 슬레이터처럼 기계공 수준에서 얻을 수 있는 노하우가 귀중하였고, 루즈벨트, 스티븐스와 볼드윈의 경우처럼 몇 차례의 참관으로도 동시에 그런 경험을 통해서만 미국에서는 가장 선진적인 기술을 익힐 수 있었다.

2. 남북전쟁 이전의 공작기계 (machine tools) 제작자

1812년 전쟁을 전후로 한 금수조치를 계기로 보스턴 근교 로웰을 중심으로 뉴잉글랜드 지역에 방직공장이 급속도로 확산되었고, 1830년대부터는 철도 붐이 일어났다. 이에 힘입어 공작기계 제작자 집단이 보스턴, 프로비던스, 뉴욕 그리고 필라델피아 일원에 형성되었다.

이들 역시 이전 세대의 기계제작자들이나 당대의 발명가-사업가들처럼 "기계제작자(machinist)"로 불렸다. 하지만 공작기계 제작자들의 작업장 문화에서는 발명가들의 행태와 상반된 행동양식이 발달하였다.

이전 세대의 증기선 개발자들은 직접 제작한 기계로 대중을 상대로 한 독점 영업을 추구하였고, 발명가-사업가들 대중을 상대로 독점생산과 다량 판매를 추구하였다. 반면에 공작기계 제작자들은 공장을 운영하는 소수의 산업가들을 상대하였다.

캘버트에 따르면 당시의 발명가-사업가들은 기계제작자로서 기계적 창조물을 구상하고 구현했지만, 이미 존재하는 산업적 요구를 충족시키기 보다는 스스로 수요가 있다고 느낀 것을 만들어 내었다. 그들은 독립적인 사업가로 활동하면서, 아이디어를 공유하는데 관심이 없고, 비밀 유지에 노력하였다. 역설적으로 미국의 발명가는 세계와 대적하는 위치에 놓인다. (Calvert, 1967).

반면에 공작기계 제작자들은 거의 대부분 주문제작에 의지하였고, 그들의 고객들인 산업가들과 매우 내밀한 관계를 유지하였다. 기계공과 기계 제작자들은 서로의 지식과 경험을 공유하는 경향을 보였는데, 이는 필라델피아처럼 기계도구 제조업의 중심지일수록 더 강하였다. 공작기계 제작자들에게는 뛰어난 문제해결 능력을 지녔다는 사회적 명성과 그것이 가져오는 기회가 강력한 경제적 유인을 발휘하였다. 볼드윈처럼 자신의 제작

소를 외부인에게까지 개방하는 일도 자주 있었다. 산업가들로서는 자신의 공장을 잘 알며 공작기계 제작자들 사이에서 높은 명성을 누리는 단골 작업장이 자신의 공장이 봉착한 유지, 보수, 개선 문제를 해결하리라는 기대를 품을 수 있었다. (Meyer, 2006; Thomson, 2009).

사회적으로도 발명가들은 휘트니와 같은 변호사 지망자부터 맥코믹처럼 공식교육을 전혀 받지 못한 농장소년에 이르기까지 매우 다양하였으며(ASME, 1980), 그들 간에 별다른 사회적 연계가 없었다. 반면에 공작기계 제작자들과 산업가들은 사업관계와 인척관계가 겹치는 경우도 자주 있었고, 공작기계 제작자 집단 내부에서도 유능한 도제가 동업 파트너로 올라서고, 당대나 다음 대에 인척관계로 발전하는 일은 당연시될 정도로 많았다. (Calvert, 1967).

이러한 문화에서 공작기계 제작자 또는 기계 엔지니어로서 활동하는 데 필요한 사회적 인정은 자연스럽게 가문과 인맥(姻脈)을 따라서 부여되었고, 도제생활은 필수적이었다. 사실 공작기계 제작자들 사이에서 이러한 연결은 더 짙어졌다. 예컨대, 델라웨어 명문가 출신인 윌리엄 셀러스는 1830년대에 외삼촌의 기계제작소에서 도제생활을 시작해서 외삼촌의 인척인 프로비던스의 뱅크로프트 밑에서 도제생활을 마치고 뱅크로프트의 후원으로 필라델피아에서 제작소를 차렸다. 그는 아들들을 같이 도제생활을 한 코클리스에게 맡겼는데, 코클리스는 셀러스 형제를 비롯하여 알렉산더 리먼 홀리(ASME 설립 주동자)를 길러내었다. 셀러스가 양성한 엔지니어들 중에는 그를 "삼촌"이라고 부른 알프레드 테일러가 가장 널리 알려진 인물이다.

이런 인맥의 네트워크에서 1840년대부터 간간히 "기계 엔지니어"란 명칭이 사용되다가 철도회사들의 수석기계공(Master Mechanic)들이 1850년대 들어 자주 사용하기 시작하였다. 이들 수석기계공들은 대체로 증기기관차 제작소나 공작기계 제작회사에서 인정받아서 철도회사로 이적하고, 회사의 지배인이나 파트너 바로 아래 지위까지 오른 사람들이었기에, 이 명칭은 공작기계 제작자들에게까지 널리 퍼졌다.

이 명칭이 널리 퍼진 데에는 미국에서 가장 먼저 엘리트 엔지니어 집단을 형성한 토목 엔지니어들과의 미묘한 갈등이 한 배경이 되었다. 1850년대에는 "토목 엔지니어"라는 명칭이 전국적인 엘리트 토목 기술자를 지칭하는 것으로 자리 잡았다.[5] 웨스트포인트 졸업자들을 중심으로 형성되기 시작한 이 집단은 주로 공공영역에서 활동하였고, 개인 사업을 하더라도 공공사업의 컨설턴트로 활동하는 것이 대부분이었다. 그들은 자신들이 객관적이고 과학적으로 공익에 복무한다고 여겼다(Calhoun, 1960).[6] 반면에공작 기계제작자들을 지역사회가 아니라 개별 기업에, 공익이 아니라 사익에 복무하므로 자신들에 비하면 시민적(civil)이지도 신사(gentleman)답지 못하다고 여기는 경향이 있었다(Calvert, 1967).

이와 같은 상황에서 "토목 엔지니어"의 대구(對句)인 "기계 엔지니어"는 당시 미국에서 기계가 상징했던 문화적 가치, 즉 과학과 풍요에 기대어 토목 엔지니어와 유사한 지위를 노리는 표현이었다.

3. 기계, 과학, 공익

공작기계 제작자들이 서로의 지식과 경험을 교환하고 의지하는 현상은 과학 활동에서 나타나는 것과 비슷하였다. 그들 스스로도 자신들이 과학에 의존한다고 여겼는데, 문제는 그들의 과학이 여긴 바가 동시대 유럽에서 과학으로 통용되던 바와 사뭇 달랐다는 점이다. 이 시기 미국의 과학연구의 중심은 필라델피아의 프랭클린 인스티튜트(이하 FI)였다. 1824년 설립된 FI는 공작기계 제작자들과 과학자들의 주도로 설립되었는데, 처음에는 기계공 교육과 나름대로의 과학연구를 동시에 추구하였지만, 교육기능은 점차 쇠퇴하고, 그들이 과학연구라고 여긴 활동이 중심이 되었다 (Sinclair, 1974)

FI의 연구 중에서 가장 유명하고 대표적적인 것은 1830년대부터 1840년대까지 진행된 증기기관의 안정성에 대한 연구이다. 볼드윈 기관차회사의 볼드윈과 당대 미국 최고의 과학자인 조셉 헨리도 꾸준히 참여한 이 연구가 밝혀 낸 것은 당시까지 과압력방지용 밸브로 사용되던 합금이 고온에 반복하여 노출되면 물성이 변하고, 이것이 빈발하는 보일러 사고의 원인이라는 것이었다. FI는 연구과정에서 연방정부의 지원을 이끌어 내어 전용실험기구와 측정기를 제작하는 등 일정한 수준에 오른 모습을 보였다. 하지만 이 연구는 체계적 시행착오에 의지한 개발연구에 가까운 것으로서 유럽에서의 비견될 만한 연구들에 비하면 보편성이 크지 않았다. FI의 연구 결과는 영국의 비판자들과 논쟁의 대상이 되었는데, 논쟁의 대상이 된다는 것 자체가 미국 과학의 성장을 보여주는 징표였다. 하지만, 논쟁의 상대는 영국 과학계나 저명 엔지니어들이 아니라 기계 업계 잡지의 편집장이었다.(Sinclair, 1967)

5) 1850년 센서스에서 엔지니어는 "토목 엔지니어"와 여타 "엔지니어"로 분류되었는데, 미국 전역에 걸쳐 512명만이 "토목 엔지니어"로 집계된 반면, "엔지니어"는 11,626명이었다. 이 "엔지니어"는 양수기에서 증기기관차까지 모든 종류의 엔진에 관계하는 직종을 지칭하는 모호한 개념이었다.

6) 같은 시기 프랑스의 국가 토목 엔지니어들은 비용-편익 분석법을 개발하여 자신들을 정치적 압력에 대항하는, 객관적인 공익 수호자로 자리매김하였다.(Porter, 1996). 다른 시기와 지역에서도 토목 엔지니어들이 공익성을 강조한 사례는 종종 찾아볼 수 있다. 단, 공익성에 대한 강조가 국가와 시기를 막론하고 토목 분야에서 항상 두드러진 것이었는지는 아직 확실하지 않다.

반면에 추상적인 유럽과학을 엔지니어 교육에 직접 도입하려는 시도는 실패를 겪었다. 미국 최초의 민간 공학교육기관인 렌슬러 학교의 1842년 졸업생인 벤자민 그린은 1847년 최선임 교수로 취임하면서 유럽의 기술학교들을 본 딴 개혁을 시도하였다. 그는 토목 중심인 렌슬러 학교의 교과과정에 연립미분방정식 같은 고급 수학이나 "기계이론"이나 강화하였다(Green, 1855). 하지만 그의 개혁은 성공을 거두지 못하였고, 1859년 그린의 사임 이후 렌슬러 대학은 실제적인 토목공학을 중시하는 전통적인 방향으로 복귀하였다 (Ricketts, 1934).

이렇듯 유럽과 달리 남북전쟁 이전의 미국에서는 과학이란 실용적인 문제를 해결하는데 "유용한 자연지식"을 뜻했고, 유용한 자연지식이 곧 과학으로 여겨졌다. (Sinclair, 1974). 당시 미국 사회에서 과학으로 여겨진 바를 잘 보여주는 것이 1826년부터 발간되기 시작한 FI 저널과 1845년부터 시작된 사이언티픽 아메리칸지인데, 둘 다 처음에는 신규 특허 소식을 알리는 소식지로 시작하였다가, 나름대로 과학연구까지 포괄하는 매체로 성장하였다. 그런데 이들 매체에 기고된 글들은 구체적인 문제의 실제적 해결을 다루는 경험연구가 주류였다. 이러한 조류는 세기전환기까지도 이어져 추상적이고 실용적이지 않은 "순수과학"에 비해 실용적이고 미국적인 과학을 더 높이 평가하는 경향은 여전히 강력하였다.(Kline, 1995).

공작기계 제작자들의 작업장 문화에서 성장한 기계 엔지니어들과 당시의 미국적 과학, 즉 개별적이고 구체적인 과학은 서로 갈등하지 않았다. 기계 엔지니어들은 FI 저널 등의 주요 기고자들이었고, 이런 기고들은 기계 엔지니어들이 전국적인 명성을 쌓는 새로운 통로였다. 또 개별 작업장 차원에서는 작업장 내부의 도제식 교육에 참고할 자료 역할을 하였다. (Calvert, 1967).

작업장 문화의 연장으로서의 기고 활동은 기계 엔지니어들에게 자신들이 실제적인 지식의 발전시키고 공유함으로써, 즉 과학 발달에 기여함으로써 사회 전체의 발전에 기여한다는 주장을 가능하게 하였다. 여기에는 퍼거슨(Ferguson, 1979)의 주장대로 19세기 미국의 독특한 민주적 이상과 노동상황이 작용하였다.

식민지 시대 이래 미국의 임금 수준과 노동강도가 계속 유럽보다 높았다. 그래서 자본가뿐만 아니라 직공들도 기계화를 환영하였다. 유럽의 숙련공들이 대체로 기계화를 불신하였지만, 계속 팽창하는 시장 속에서 높은 노동 강도를 경험하는 미국의 직공들은 기계가 자신들을 돕는 것으로 여겼다. 또한 누구나 물질적 풍요를 누리는 것은 당시 미국의 민주적 이상의 중요한 부분이었는데, 생산량을 증대시키는 기계의 발달은 이 이상에 도달하는 첩경이었다.

결국 구체적인 문제를 해결하는 기계의 발전은 과학의 발전인 동시에 국가적 이상의 실현에 다가가는 것이었다. 이렇게 기계 엔지니어들은 자신들의 활동을 과학과 풍요와 결부시킴으로서 자신들의 사회적 가치를 주장할 수 있었다.

그런데 문제는 과학은 구체적인 문제의 실제적인 해결에만 국한되지 않았고, 유럽의 과학과 기술이 전반적으로 미국보다 앞서 있었다는 점이다. 이는 남북전쟁 이후에 새로운 세대가 주도한 변화에 한 원인으로 작용하였다.

III. 스티븐스 공대와 미국 기계 엔지니어 협회: "작업장 문화"의 연속

1. 기계공학 대학교육의 시작

남북전쟁 말기부터 기계 공학을 가르치는 대학 교과과정이 미국에서는 처음 설치되기 시작하였다. MIT가 1865년 첫 수업을 시작하였고, 1870년 시블리 공대가 코넬 대학교 내에 설치되었다. 같은 해 스티븐스 공대가 설립되었다.

오늘날과 달리 1870년대 후반까지 MIT의 기계 공학 교육은 모범적이라고 하기 힘들었다. 실습실은 당연히 없었기에, 러시아식 교육모델에 따라 인근 공장에서 "너무 과도하지" 않은 정도로만 공장의 작업방식을 견학하게 하는 방안이 모색될 정도였다(Smith, 2010). 시블리 공대는 저명한 기계 제작자인 존 에디슨 스위트가 맡아 운영하였는데, 그는 자신의 작업장에서 이루어지던 방식을 그대로 옮겨와 대학의 다른 누구도 그가 무엇을 하는지 알지 못할 정도로 독립적으로 운영하였다. 이런 상황에서 미국 대학의 기계공학 교육의 전범을 만든 것은 스티븐스 공대와 그 초대 기계공학 교수인 로버트 써스턴이었다. (Calvert, 1967).

스티븐스 공대는 스티븐스 부자의 제작소가 있던 호보켄에서 스티븐슨가의 기증으로 설립되었다. 조셉 헨리의 추천 등으로 초대 총장을 맡은 FI의 서기 겸 FI저널 편집장인 헨리 모턴은 전통을 살려서 기계 공학 중심의 공대여야 한다고 설득하고, 해군사관학교의 엔지니어링 및 자연철학 담당 교관을서 독일 지멘스사에 파견되어 견학했었던 써스턴을 기계공학 담당교수로 초빙하였다. (Furman, 1905).

모턴은 독일의 교육과정을 모방한 폭넓은 교육을 강조한 반면, 써스턴은 기계 공학 교육에 집중할 것을 선호하였지만, 큰 갈등없이 교과과정이 결정되었다고 한다(Clark, 2000). 개교 시의 교과과정은 수학, 물리, 기계공학, 기계제도, 화학, 수학, 문학, 외국어 등으로 구성되어 있었는데, 대부분 학년별로 교육내용과 세부교과들이 적시되었다. 이 방식은 1885년 써스턴이 이

직하면서 시블리 공대에서 전파되었고, 스티븐스 공대에서는 모턴이 사망할 때까지 30여 년간 대체로 유지되었다. 이로서 켈버트가 주장한 “학교 문화”의 제도적 외형이 형성된 것이다.

2. 써스턴과 스티븐스 공대: 작업장 문화의 연속

써스턴은 전형적인 작업장 문화의 네트워크 속에서 성장하였다. 프로비던스 증기엔진회사 창업자의 아들인 그는 다른 성공한 기계제작자들의 자제들처럼 대학 교육과 도제생활 모두 경험하였다. 1859년 일찍이 모제스 브라운이 설립한 브라운 대학에서 철학학사 및 토목공학자 학위를 받은 후 부친의 공장에서 도제생활을 시작하였다. 부친의 공장에서 갈등을 겪은 끝에 필라델피아로 도주하여 독립 컨설팅 엔지니어 생활을 시작하였다. 그는 도제생활과 프로비던스-필라델피아 인적 네트워크를 통해서 가 일감을 얻고 점차 명성을 얻었다(Hutton, 1915). FI에 논문을 기고하면서 해군의 주목을 받아서 증기선 엔지니어 장교로 입대하였다가 실력을 인정받아 사관학교 교관이 되었다.

캘버트는 써스턴이 부친의 공장에서 너무 많은 교육을 받았다고 비난을 받았던 일과 지멘스 견학을 통하여 아버지 세대의 작업장 문화가 비효율적이라고 확신하게 되었다고 보았다(Calvert, 1967). 하지만 써스턴이 교육자로서 거둔 성공은 상당 부분 작업장 문화의 연속선상에서 이루어졌다.

스티븐스 공대에서 써스턴이 맡은 기계공학은 다른 대부분의 교과목과 달리 교육내용이 체계적으로 공지되지 않았다. 재료의 특성부터 기계의 이론과 작동의 주제가 순차적으로 나열은 되었지만, 각각의 주제들을 어떤 순서로 언제 배우는지는 명기되지 않았다 (Stevens Institute, 1871;1872).

스티븐스 공대의 명성은 초기에 배출한 졸업생들이 유망한 기계 엔지니어로 인정받으면서 높아졌는데, 써스턴이 이들을 작업장 문화와 유사한 방식으로 교육하고 배출하였다. 그는 운영비 보충을 위해 주문연구를 수주하는 기계연구실을 정규 교과과정과 함께 운영하였는데, 정규 수업과 이 기계연구실에서의 실습이 혼용되었다. 주문연구들은 특정 문제의 해결을 위해 각종 재료와 기계의 특성을 테스트하고 조사하는 연구들이었는데, 연구 보조인력으로 어느 정도 도제 생활을 거치고 입학한 숙련된 학생들을 동원하였다. 의뢰된 문제를 해결하면서 이들이 연구 의뢰자들에게 스카웃되어 좋은 조건으로 취업하였다 (Furman, 1905; Clark, 2000). 이러한 방식은 공작기계 작업장에서 유망한 도제가 공작기계 제작자의 추천을 통해 거래처 공장의 주요 직위로 옮겨가는 것과 동일한 양상이었다.

써스턴은 랑카인과 모즐리 등 영국 저자들의 고급 교과서와 함께 자신이 집필하고 FI 저널에 발표한 글들을 묶어 교재로 사용하였다. 실제 수업시간에 어느 교재를 얼마나 사용했는지에 대한 직접 기록은 남아 있지 않다. 그럼에도 엔지니어는 추상적 원리보다 귀납적 경험 중시해야 한다고 가르친 그의 책(Thurston, 1878)이 큰 성공을 거두었고,[7] 졸업생들의 회상에서도 가장 많이 언급되었다(Furman, 1905).

스티븐스 공대 당국도 작업장 문화 네트워크를 강조하였다. 편람에는 매년 추가되는 방대한 실습용 기계들과 그들을 기증한 공업가들이 강조되었고, 홀리, 콜먼 셀러스 등 당시 미국 기계공업계의 핵심인사들의 방문 강의가 광고되었다 (Stevens Institute, 1871;1872).

스티븐스 공대가 작업장 문화의 주로 연결점이었음은 1880년 ASME의 창립과정에서도 나타난다. 홀리의 주창으로 시작된 ASME은 스티븐스 공대에서 창립총회와 첫 정기회의를 열었는데, 그의 추천으로 창립회원들은 써스턴을 초대회장으로 추대하였다. 창립회원들은 자기 사업체를 보유한 기계공업계의 유력 인사들이나 저명한 컨설팅 엔지니어들이었고, 그들의 자제들이 추가되었다. 교수직을 지녔던 써스턴과 스위트 그리고 컬럼비아 대학의 허튼 등이 일견 예외적이지만, 이들은 모두 작업장 문화의 네트워크에서 성장하고 활동 중인 인물들이었다. 써스턴은 실질적으로, 허튼은 공식적으로 컨설팅 엔지니어의 역할을 하고 있었고, 스위트는 시블리 공대 재직 중에도 계속 자기 사업체를 운영하였다.

나아가 1883년 스티븐스 공대에서 학위를 받은 프레데릭 테일러의 경우는 이 학교의 운영 또한 작업장 문화의 영향을 짙게 받고 있었음을 보여준다. 테일러는 캘버트가 작업장 문화의 대표자로 거론한 윌리엄과 콜먼 셀러스 부자의 추천과 보증으로 편입하고 편지 교환을 통해 교육받다가 몇 개월 출석만으로 기계 엔지니어 학위를 취득하였던 것이다. 즉 스티븐스 공대는 교과과정 및 학교운영 차원에서 작업장 문화의 연속선상에 있었던 것이다.

3. 과학과 학교 문화

1885년 써스턴은 스티븐스 공대를 떠나 시블리 공대의 총책임자로 옮겼다. 이후 1903년 사망할 때까지 그는 응용과학으로서의 공학을 강조하는 논설들을 다수 출판하였고, 캘버트는 이를 “학교 문화”를 대변하는 것으로 해석하였다.

논설의 차원에서 써스턴이 과학과 과학적 공학교육을 강조한 것은 분명한 사실이다. 하지만 그가 강조한 과학이 무엇이었고, 시블리 공대에서 어떻게 구현되었는가는 조금 다르다.

7) 이 책은 1902년까지 4판을 거듭하였다. 이는 1837년부터 30년간 6판을 거듭한 D. Mahan, *An Elementary Course of Civil Engineering*. New York, NY : Wiley과 함께 19세기 미국에서 가장 성공적인 공학 교과서이다.

써스턴(Thurston, 1890)은 과학의 최전선을 논하는 글을 당시 미국을 대표하는 지식인 잡지에 기고했는데, 여기서 전신과 철도 등 실생활에 활용되는 기계들을 과학발달의 사례로서 집중적으로 거론하였다. 반면에 유럽에서의 과학발달에 대해서는 거의 언급이 없었다. 또 9년 후에 다른 글(Thurston, 1899)에서는 미해결이었던 열역학 문제를 경험적으로 해결한 사례를 "열역학의 한계"라는 제목으로 자세히 소개하기도 하였다. 이렇듯 써스턴의 과학은 유럽의 과학에 비해 여전히 구체적이고 실용적인 것이었다.

교육과정의 측면에서도 스티븐스 공대 시절과의 연속성이 발견된다. 그는 기계실험실과 작업장 연습 과정을 정비하고, 4년에 걸친 산업기예(Industrial Arts) 수업을 신설하였다(Bishop, 1961). 또한 캘버트도 적시하였듯이 산업계의 주요 인사들을 초청하여 학생들과 그들의 작업결과를 소개하기 위해 많은 노력을 기울였다.

써스턴의 스티븐스 공대 시절과 시블리 공대 시절의 차이는 과학관이나 교육방향에서보다 규모와 작업장 문화 네트워크와의 관계 면에서 두드러진다. 써스턴이 부임한 1885년의 시블리 공대는 7인의 교수진이 총 60명의 학생을 담당하여 매년 30-40명이 졸업하던 1880년대 중반의 스티븐스 공대의 절반 정도 규모였다. 하지만 그가 사망한 1903년에는 47명의 교수진이 960명의 학생을 담당할 정도로 시블리 공대는 팽창하였다. 반면에 1902년 기계 공학 위주의 운영을 고집하던 헨리 모턴이 사망할 당시 스티븐스 공대의 재학생수는 290명 선에 불과하였다.(Furman, 1905; Durand, 1939)[8] 또한 여전히 ASME는 산업계 주요 인사와 뉴욕을 기반으로 운영되었고, 스티븐스 졸업생이자 2대 총장인 알렉산더 험프리스가 ASME의 1912년 회장을 역임할 정도로 여전히 스티븐스 공대와 기계 공업계의 엘리트들은 밀접한 관계를 유지하고 있었다.

인적 네트워크의 정중앙에서 벗어난 상황에서 더 많은 수의 졸업생들에게 예전과 같은 방식으로 유망한 기계 엔지니어로서의 사회적 인정을 가져올 수 있었다면 오히려 그것이 놀라운 일이었을 것이다. 써스턴의 논설들은 이러한 배경을 염두에 두고 다시 읽을 필요가 있다.

IV. 결론을 대신하여

지금까지 몇몇 사례들만을 살펴보았지만, 그들만으로도 캘버트가 두 문화의 대표자로 중시했던 엔지니어들이기에 작업장 문화와 학교 문화의 관계에 대한 오래된 의문에 대한 답변을 시도할 수 있다.

우선 19세기 말의 학교 문화의 지도자는 작업장 문화의 산물이었고, 작업장 문화 내부에서도 나름대로는 과학을 높이 평가하고 의지하였다. 작업장 문화가 경계하였던 것은 특정한 종류의 과학, 즉, 실제적 문제 해결에 기여하지 못한다고 여겼던 추상적 과학이었다.

또한 19세기 말까지의 미국 기계 엔지니어를 19세기 초에 형성된 명문 기계제작자들이 형성한 네트워크에 편입되어 온 엘리트 기계제작자들로 좁혀서 파악한다면, 미국 기계 엔지니어들의 작업장 문화는 유럽과 달리 사회의 최상층부에서 출발하였다. 초기 명문 기계제작자들은 국가의 강력한 지원을 선택적으로 이끌어 내면서도 정치권력의 요구에 구애될 필요가 적었다. 미국의 엘리트 기계 엔지니어들은 기계 엔지니어로서의 사회적 인정을 국가기구나 공교육과 무관하게 얻었기에 전문직업으로서의 정체성을, 유럽 엔지니어들의 경우(Meiksins, 1996)와 달리 국가나 사회제도와의 직접적 관계에서 찾을 필요가 없었다.

19세기 중엽 FI의 주도자들이나 19세기말 모턴과 써스턴 모두 구체적이고 실용적인 과학이 가치 있는 과학이고 엔지니어가 추구할 바라고 본 점은 같았다. 다만 유럽에서의 과학발달 덕분에 추상과 실용을 가늠하는 기준선이 높아졌던 것이다. 이는 기계공학 분야에만 국한되지 않았다. 미분방정식에 기초한 교류이론을 소개함으로써 미국의 전기공학을 과학화시켰다는 스타인메츠조차 미분의 기초이론을 삭제하였다는 이유로 한 교류 교과서를 상찬하는 서평(Steinmetz, 1899)을 과학학술지에 실을 정도였다. 19세기 말 미국의 주도적인 공학교육가들은 여전히 추상적인 과학을 높이 평가하지 않았던 것이다.

이런 면에서 19세기 말의 학교 문화는 작업장 문화에 대항하여 형성된 것이라기보다는 작업장 문화를 제도화, 체계화한 것으로 해석할 수 있다.

이렇게 본다면 양차대전 전간기에야 유럽출신 과학자와 공학자들의 영향으로 미국의 공학교육에서 과학과 수학이 강화된 것으로 보는 근래의 연구들(Seely, 1999; Harwood, 2006)의 의미가 뚜렷해지는 장점이 있다. 즉 성공적인 대학 수준의 공학교육이 19세기 말에 등장하면서 학교 대 작업장의 갈등이 나타나기 시작은 하지만, 그 대립이 현대적 관점의 이론 대 경험의 대립으로 전화되는 것은 전간기에 학교 문화가 수학화, 과학화된 이후로 볼 수 있다.

이 글이 미국 공학 교육사에 대한 재해석을 확립하기에는 너무나 짧고, 더 많은 사례연구가 당연히 필요하다. 하지만 공학교육사에서 이론 대 경험의 문제나 공학과 과학의 관계를 논할 때는 시대와 문화에 따라 "이론" 또는 "과학"으로 지칭하는 바가 계속 변하였음에 주목할 필요는 분명하다고 할 수 있다.

8) 스티븐스 공대는 전구개발을 비롯한 에디슨의 사업과 밀접한 관계를 맺고 있었음에도 불구하고, 모턴 사후에야 전기공학 전공을 비롯한 학제개편을 실시하였다.

참고문헌

1. The American Society of Mechanical Engineers.(1980). *Mechanical Engineers in America. Born Prior to 1861. A Biographical Dictionary.* New York, NY : The American Society of Mechanical Engineers.
2. Bishop, Morris(1962). *A History of Cornell. Ithaca*, NY: Cornell University Press.
3. Calhoun, Daniel H.(1960). *The American Civil Engineer.* Cambridge, MA : M.I.T. Press.
4. Calvert, Monte A.(1967). *The Mechanical Engineer in America, 1830-1910: Professional Cultures in Conflict. Baltimore*, MD : The Johns Hopkins University Press.
5. Clark, Geoffrey W.(2000). *History of Stevens Institute of Technology. A Record of Broad-Based Curricula and Technologies.* Jersey City, NJ : Jensen/Daniels Publishers.
6. Durand, William F.(1939). Dr. Robert Henry Thurston's Eighteen Years at Cornell. *Science, 90*(2346): 547-552
7. Edgerton, David.(2006). *The Shock of the Old: Technology and Global History since 1900.* New York, NY : Oxford University Press.
8. Ferguson, Eugene S.(1979). The Americanness of American Technology. *Technology and Culture, 20*(1): 3-24.
9. Ferguson, Eugene S.(1980). Introduction. *Mechanical Engineers in America. Born Prior to 1861. A Biographical Dictionary.* New York, NY : The American Society of Mechanical Engineers.
10. Furman, Franklin De Ronde(1905). *Morton memorial; a history of the Stevens institute of technology, with biographies of the trustees, faculty, and alumni, and a record of the achievements of the Stevens family of engineers.* Hoboken, NJ : Stevens Institute of Technology.
11. Green, Benjamin F. [Director of Institute](1855). *The Rensselaer Polytechnic Institute. Its Its Reorganization in 1849-50; Its Condition at the Present Time; Its Plans and Hopes for the Future.* Troy, NY : D. H. Jones & Co.
12. Harwood, Jonathan(2006). Engineering Education between Science and Practice: Rethinking the Historiography. *History and Technology 22*(1): 53-79.
13. Hutton, Frederick Remsen(1915). *A History of The American Society of Mechanical Engineers From 1880 To 1915.* New York, NY : The American Society of Mechanical Engineers.
14. Kline, Ronald(1995). Construing "Technology" as "Applied Science": Public Rhetoric of Scientists and Engineers in the United States, 1880-1945. *Isis 86*(2): 194-221.
15. Latrobe, Benjamin Henry(1809). First Report of Benjamin Henry Latrobe, to the American Philosophical Society, Held at Philadelphia; In Answer to the Enquiry of the Society of Rotterdam, "Whether Any, and What Improvements Have Been Made in the Construction of Steam-Engines in America?" *Transactions of the American Philosophical Society, 6*: 89-98.
16. Meiksins, Peter(1996). *Engineering Labour: Technical Workers in Comparative Perspective* New York, NY : Verso.
17. Meyer, David R.(2006). *Networked Machinists: High-Technology Industries in Antebellum America.* Baltimore, MA : The Johns Hopkins University Press.
18. Porter, Theodore M.(1996). *Trust in Numbers: The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life.* Princeton, NJ: Princeton University Press.
19. Ricketts, Palmer C.(1934). *History of Rensselaer Polytechnic Institute, 1924-1934.* New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
20. Rosenberg, Charles(1967). A Study in Professionalization, [Review of] The Mechanical Engineer in America, 1830-1910. *Science, 157*(3796): 1546-1547.
21. Seely, Bruce(1999). The Other Re-engineering of Engineering Education, 1900-1965. *Journal of Engineering Education 88*(3): 285-294
22. Sinclair, Bruce, ed.(1967). *Early research at the Franklin Institute; The investigation into the causes of steam boiler explosions 1830-1837.* Philadelphia, PA : Franklin Institute.
23. Sinclair, Bruce(1974). *Philadelphia's Philosopher Mechanics: A History of the Franklin Institute, 1824-1865.* Baltimore, MA : The Johns Hopkins University Press.
24. Sinclair, Bruce(1990). *Centennial History of the American Society of Mechanical Engineers, 1880-1980.* Baltimore, MA : University of Toronto Press.
25. Smith, Merritt Roe(2010). "God Speed the Institute": The Foundational Years, 1861-1894. David Kaiser, ed., *Becoming MIT: Moments of Decision.* Cambridge, MA : The MIT Press: 15-36.
26. Starr, Paul(1982). *The Social Transformation of American Medicine: The Rise of a Sovereign Profession and the Making of a Vast Industry.* New York, NY : Basic Books.
27. Steinmetz, Charles P.(1899). [Review of] The Elements of Alternating Currents. *Science, 10*(261): 964-965.
28. Stevens, John(1812) Documents Tending To Prove The Superior Advantages Of Railways And Steam Carriages Over Canal Navigation. New York, NY : T. & J. Swords.
29. [Stevens Institute of Technology][(1871)]. *Announcement of the Stevens Institute of Technology.* Hoboken, NJ :

[Stevens Institute of Technology]
30. [Stevens Institute of Technology](1872). *Announcement of the Stevens Institute of Technology.* New York, NY : Russels' American Steam Printing House.
31. Thomson, Ross(2009). *Structures of Change in the Mechanical Age: Technological Innovation in the United States, 1790-1865.* Baltimore, MA : The Johns Hopkins University Press.
32. Thurston, Robert H.(1878). *A History of the Growth of the Steam Engine.* New York, NY: D. Appleton and Company.
33. Thurston, Robert H.(1890). The Border-Land of Science. *The North American Review, 150*(398): 67-79.
34. Thurston, Robert H.(1899). Limitations of Thermodynamics. *Science, 10*(252): 619-620.
35. Watkins, J. Elfreth(1892). *Biographical Sketeches.* Washington DC: Press of W. F. Roberts.

이관수 (Kwan Soo Lee)
1990년: 서울대학교 물리학과 졸업
2002년: 동 대학원 과학사및과학철학협동과정 박사
2006년~현재: 동국대학교 교양교육원 강의교수
관심분야: 물리학사, 공학사, 과학기술론
E-mail: ksleeyz@gmail.com