

과학과 도제(徒弟) 사이에서:

19세기 영국의 공학교육

— 전기공학에서의 실험실 교육을 중심으로 —*

홍성욱

서울대학교 생명과학부, 과학사 및 과학철학 협동과정

Between Science and Apprenticeship: Engineering
Education in Britain in the 19th Century
with a Focus on Laboratory Training
in Electrical Engineering

HONG Sungook

Department of Biological Science

Program in History and Philosophy of Science

Seoul National University

ABSTRACT

Engineering education in Britain in the nineteenth century was characterized by the apprenticeship system. The apprenticeship system meant different things to different people, but it normally involved a training of apprentices — either

* 이 논문의 초고는 원래 19세기 후반의 과학적 전기공학의 탄생에 대한 필자의 프로젝트를 위해서 영문으로 씌어진 것이었다. 원고의 번역을 도와준 MIT의 전치형 군에게 심심한 감사의 뜻을 표한다.

workman or gentleman apprentices – in a workshop (shop, office, factory, or manufactory), and/or in the field, and/or in public works. British civil and mechanical engineering, which symbolized the triumph of the British Industrial Revolution from the 1770s to the 1850s, were firmly grounded in the apprenticeship system. Electrical engineering, however, was somewhat different. From telegraphy through power engineering to wireless telegraphy, electrical engineering was more tightly linked to the mathematical and experimental sciences of electricity and magnetism, and the apprenticeship system and workshop tradition were relatively weak in electrical disciplines. Engineering, including electrical engineering, was transformed into so-called “scientific engineering” in the second half of the nineteenth century. Engineering became a “scientific” discipline, in the sense that mathematical and systematic scientific theories were more tightly linked to engineering practices, which became experimental and quantitative.

The aim of this paper lies in supporting, and at the same time qualifying, the thesis on the development of “scientific” electrical engineering. This paper supports the thesis, because it will show that technical colleges and engineering departments in universities, where students were receiving a “scientific” education, were in a continuous state of growth from the late 1870s onward. This chapter, however, simultaneously qualifies the thesis, because I will show that technical colleges or scientific instructions were never dominant until the early twentieth century. The apprenticeship system not only survived but was still the main method by which engineers were trained – even in electrical engineering – in the early twentieth century. Scientific education in colleges using theoretical instructions and laboratory experiments had by then been firmly established, and was considered to be a respectable way to train engineers; yet it was not a substitute for apprenticeship, but merely a complement to it. The coexistence between college education and workshop training in the early twentieth century was a unique feature of British engineering including electrical engineering.

Key Words: engineering education, apprenticeship, workshop, engineering laboratory, electrical engineering, theory and practice

1. 도 입

19세기 영국 공학교육의 주요한 특징은 도제 제도이다. 도제 제도는 보통 작업장(workshop)이나 현장 또는 공사장에서 노동자 계급의 직공이나 신사계급 출신의 도제를 훈련시킨다는 것을 의미했다. 작업장 교육에 소요되는 시간이 19세기를 통해 점차 줄어들기는 했지만 20세기 초까지도 도제들은 5년에서 7년 동안 실습을 해야만 했다. 이 제도는 중세의 길드에 뿌리를 둔 것으로서, 그 기본구조는 1814년에 업종 당 도제 숫자의 제한과 같은 약속이 법적으로 금지될 때까지 수백 년간 그대로 유지되어 왔다. 도제는 영국식 제도로써 프랑스나 독일에서는 상대적으로 도제 제도가 널리 퍼져 있지 않았다.¹⁾

1770년대에서 1850년대 사이에 일어난 영국 산업혁명의 성공을 상징하는 분야들인 토목공학과 기계공학은 도제 제도에 그 바탕을 두고 있었다. 스미튼(John Smeaton), 와트(James Watt), 텔포드(Thomas Telford), 스티븐슨 부자(George Stephenson and Robert Stephenson)와 같이 산업혁명을 주도했던 유명한 토목·기계 엔지니어들은 모두 독학을 했거나 작업장이나 사무실 및 현장에서 도제 훈련을 받았던 사람들이었다. 영국에서 전문적인 토목·기계 엔지니어가 되기를 희망했던 중간 계급의 소년들은 15세가 되기 전에 학교를 그만두고 작업장이나 공장으로 가서 도제가 되는 것이 일반적이었던 것이다.²⁾

그러나 전기공학 분야는 좀 달랐다. 전신, 전력공학, 무선전신에 이르기까지 전기공학은 전기와 자기 현상을 다루는 수학적, 실험적 과학과 보다 긴밀히 연결되어 있었으며, 다른 공학에 비해 볼 때 도제 제도와 작업장 전통은 상대적으로 약한 편이었

1) 영국의 도제제도는 보통 “구 봉건제도의 마지막 잔재”라고 불렸다. 도제제도는 중세부터 존재했지만 1557년의 “도제법령”에 의해서 확고하게 정착되었다. 1557년의 법령은 도제가 되어 “노역”을 하는 시간을 법적으로 규정했는데, 이는 1814년에야 철회되었다. “신사(젠틀맨) 엔지니어”들은 공장이나 작업장(workshop)에서 비싼 수업료(1년에 100-300파운드)를 내고 도제훈련을 받았는데, 이들의 지위는 마스터가 젊은 노동자들 중에서 선발했던 장인(artisan)과는 신분이 달랐다. 도제의 나이는 보통 18세 이전이었고, 이들은 작업장, 공장, 상점, 가게, 사무실과 같은 곳에서 고용되어 일을 배우고 있었다. 작업장(workshop)은 주로 도제를 훈련시키기 위한 작은 공방을 의미했지만, 넓은 의미로는 공장, 사무실을 다 포함하는 뜻으로 사용되기도 했다. 이에 대해서는 Bernard Cronin, *Technology, Industrial Conflict and the Development of Technical Education in 19th-Century England* (Aldershot: Ashgate, 2001)을 참조.

2) R. Angus Buchanan, *The Engineers: A History of the Engineering Profession in Britain, 1750-1914* (London: Jessica Kingsley, 1989). 아질 공작(Duke of Argyll)이 스미튼에게 누구에게서 공학을 배웠냐고 물었을 때 스미튼은 “독학했던 것 같습니다”라고 대답했다는 유명한 일화가 있다. George S. Emmerson, *Engineering Education: A Social History* (Newton Abbot: David & Charles, 1973), pp. 166-194 참조.

다. 1870년대 말에 전기조명시스템과 전화가 발명되자마자 기술학교(technical college)들이 설립되어 전기 엔지니어를 길러내기 시작했으며, 1880년대 말쯤이 되면 현장 엔지니어들이 이들 기술학교 졸업자 수의 급속한 증가에 대해서 불만을 제기할 정도로 “학교” 출신의 엔지니어들의 수가 많았다.³⁾

비록 “과학적 엔지니어링”의 기원은 18세기 중반 풍차나 수차의 효율을 수학적 기법과 모델을 사용한 실험을 통해 분석한 엔지니어 존 스미튼(John Smeaton)의 작업에서 찾을 수 있겠지만, 전기공학을 비롯한 엔지니어링은 19세기 후반 동안에 본격적인 “과학적 엔지니어링”으로 변화하기 시작했다. 엔지니어링이 “과학적인” 분야가 되었다는 것은 수학적이고 체계적인 과학이론들이 점점 더 엔지니어링 활동에 긴밀히 연결되면서 엔지니어링이 실험적이고 정량적으로 변화하였음을 의미했다. 실제로 19세기 중엽부터 엔지니어링 교육은 물리학 교육과 비슷해져서 수학 이론과 정량적인 실험 및 정밀 측정을 학생들에게 가르치기 시작했다. 전기공학은 상대적으로 신생 분야였지만 물리학이나 화학과 같은 실험과학이나 수리과학과 밀접한 관계를 가지고 있었으므로 “과학적 엔지니어링”으로의 변화과정에서 토목공학이나 기계공학을 선도할 수 있었다.⁴⁾

이 논문의 목적은 “과학적” 전기공학의 발전에 대한 기존의 주장을 뒷받침하는 동시에 그 한계를 지적하는 데에 있다. 우선 이 논문은 엔지니어링 학생들이 “과학적인 교육”을 받았던 기술학교나 대학의 공학 관련 학과들이 1870년대 후반부터 지속적으로 성장하였음을 보임으로써 엔지니어링의 “과학화”를 강조하는 주장을 뒷받침하고자 한다. 이와 동시에 본 논문은 기술학교나 과학적 교육이 20세기 초엽까지도 공학교육 전체를 놓고 볼 때 결코 지배적이지 못했음을 보임으로써 과학적 전기공학의 발전이라는 것을 제한적으로 해석해야 한다는 점도 드러낼 것이다. 영국의 도제 제도는 20세기 초반까지도 살아남았을 뿐만 아니라 전기공학 분야에서도 계속해서 엔지니어를 훈련시키는 주된 교육 방법으로 기능하고 있었다. 이론 교육과 실험을 활용하는 대학의 과학적 엔지니어링 교육은 20세기 초반 무렵에는 확고하게 정착하였고 엔지니어 교육의 훌륭한 방법으로 인식되었다. 그러나 그것은 도제 제도를 대체하지 못했으며, 단지 도제 제도를 보충하는 역할을 했다. 20세기 초반 대학교육과

3) 전기공학교육과 훈련에 대한 좋은 연구로는 Robert Fox and Anna Guagnini, “Laboratories, Workshops, and Sites: Concepts and Practices of Research in Industrial Europe, 1800-1914 - 3 Electrical Engineering,” *Historical Studies in the Physical Sciences* 29(2) (1999), pp. 193-250이 있다. 현장 엔지니어들의 불평은 Gerald Day, “The Education of Electrical Engineers,” *Electrician* 22 (26 Apr. 1889), p. 720을 볼 것.

4) R. Angus Buchanan, “The Rise of Scientific Engineering in Britain,” *British Journal for the History of Science* 18 (1985), pp. 218-233; D. W. Jordan, “The Cry for Useless Knowledge: Education for a New Victorian Technology,” *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers* 132 part A (1985), pp. 587-601; Sungook Hong, *Forging the Scientist-Engineer: A Professional Career of John Ambrose Fleming* (PhD Thesis, Seoul National University, 1994).

작업장 전통의 공준은 전기공학을 포함한 영국 공학기술의 독특한 특징이었다. 본 논문은 이러한 특성의 형성 과정을 이해하기 위해서 파리 박람회가 열린 1867년 이후 1900년까지 영국 엔지니어링의 역사, 특히 엔지니어링 교육의 역사를 분석할 것이다.

2. 1867년 파리 박람회와 기술 교육에 대한 논쟁

1867년 파리 박람회가 영국의 과학자, 엔지니어, 산업가들에게 야기한 “공포” 혹은 “파란”은 잘 알려져 있다.⁵⁾ 영국의 기술적, 산업적 생산품들은 1851년의 영국 수정궁 박람회에서 거의 모든 상을 휩쓸었지만, 1867년의 파리 박람회에서는 90개의 상 중 단지 10개만 수상하였다. 사우스 켄싱턴에 있는 영국 정부의 과학박물관과 과학학교의 감독관으로서 두 차례의 박람회 모두에서 심사관으로 활동했던 리온 플레이페어(Lyon Playfair)는 파리에 가서 다른 국가들이 이룩한 산업적 능력의 발전에 비해 영국이 낙후되었음을 발견하고서 충격을 받았다.⁶⁾ 왕립 학교조사위원회(Royal School Inquiry Commission)의 위원장인 턴튼경(Lord Taunton)에게 보낸 편지에서 플레이페어는 영국이 진보와 창의력을 거의 보여주지 못한 반면 프랑스, 프로이센, 오스트리아, 벨기에, 스위스는 빠르게 추격해오고 있다고 보고했다. 그는 이들 국가의 성공의 원인을 영국이 가지지 못한 “공장과 작업장의 마스터와 관리자에 대한 산업적인 교육 시스템”에서 찾았다. 플레이페어가 사적으로 쓴 이 편지는 『런던타임즈』(London Times)에 실리게 되었는데 이것은 그야말로 “기술교육 운동”(technical education movement)을 촉발시켰다.⁷⁾ 플레이페어의 외침은 당시 활동 중이던 학교조사위원회의 관심을 끌었다. 위원회는 엔지니어링, 산업, 과학의 모든 분야의 16명의 전문가에게 의견을 구했다. 이들 전문가들은 과학이 중요한 역할을 하는 산업 분야에서 영국이 선도적인 지위를 상실하고 있으며 그러한 뒤처짐은 부적절하고 낡은 도제 시스템 때문이라는 데에 놀라우리만큼 의견일치를 보였다.⁸⁾

5) 이에 대해서는 D. S. L. Cardwell, *The Organisation of Science in England* (London: Heinemann, 1972), pp. 111-132; Emmerson, *Engineering Education*, pp. 166-194을 참조.

6) 플레이페어는 1851년 수정궁 박람회의 특별 위원을 역임했고, 이 때 앨버트 공을 알게 되어 그와 친분을 유지했다. 그는 1868년에 에딘버러대학교의 화학교수가 되었다. W. Reid, *Memoirs and Correspondence of Lyon Playfair* (London: Cassell, 1889).

7) 플레이페어의 편지는 London Times 1867년 5월 29일 자에 실렸으며, Lord Granville, “The Paris Exhibition and Industrial Education,” *Journal of the Society of Arts* 15 (7 June 1867), pp. 477-478에 재수록되었다.

8) “Technical Education,” *Journal of the Society of Arts* 15 (9 Aug. 1867), pp. 601-604; (16 Aug. 1867), pp. 612-614; (23 Aug. 1867), pp. 624-627.

기술자들을 파리 박람회에 보내 다른 국가의 전시물을 관찰한 뒤에 보고하게 했던 영국의 기술협회(Society of Arts)도 이 문제를 다루기 위해 1868년 초에 회의를 열었다.⁹⁾ 이 모임에는 전국에서 200명 이상의 교사, 교수, 상공회의소 의장, 정치인, 실업가, 공장 주인들이 초청받았다. 이들 간 열린 회의의 참석자들은 영국의 기술교육 시스템을 정립하고 향상시키기 위한 몇 가지 해결책에 합의했다.¹⁰⁾ 기술협회는 토마스 헉슬리(Thomas H. Huxley), 플레밍 젠킨(Fleeming Jenkin), 유명한 제철업자이자 국회의원인 버나드 사무엘슨(Bernhard Samuelson), 유명한 조선기사인 존 스콧-러셀(John Scott-Russell) 등을 위원으로 하는 상임위원회를 구성했으며, 이 상임위원회는 1868년 7월 협회에 보고서를 제출했다. 협회의 반응은 정부의 조치에 박차를 가하는 데에 성공했다. 영국 의회는 사무엘슨을 의장으로 하는 과학교육 특별위원회를 조직하였는데, 이 특별위원회도 장문의 보고서를 신속히 마무리 지었다.¹¹⁾

그렇지만 기술교육 운동 초기부터 플레이페어의 진단에 동의하지 않는 기술자와 실업가들이 있었다. 플레이페어는 심지어 모든 사람이 낙관적이었던 1851년 박람회 직후에도 영국 산업의 쇠퇴를 지적했던 극단적 “쇠퇴론자”로 알려져 있었다. 1867년 X라는 익명의 필명을 사용한 한 야금가는 철강 제조에서 최근 이루어진 베서머법의 도입은 영국의 창의력을 보여주는 증거이며 기술교육은 작업장에서 효과적으로 이루어져 왔다고 주장했다. 그는 “적어도 영국이 야금술에서 다른 국가들에게 패배하고 있다는 염려”는 전혀 근거 없는 것이라고 결론지었다. 파리 박람회에 갔던 여러 기술자들 또한 다른 국가들이 빠른 발전을 보여준 것은 사실지만 기술과 산업 분야에서 영국의 우월함은 여전하다고 보고했다. 런던의 기계 엔지니어인 존 에반스(John Evans)는 “최고의 외국 기관차들도 단지 영국 것을 어설픈 배긴 것에 지나지 않으며 확실한 기량에 있어서는 영국의 전시물들을 능가하는 것을 보지 못했다”고 보고했다. 다른 기술자들도 영국이 아직 추월당하지는 않았다는 데에 동의했다. 존 틴달(John Tyndall)은 영국의 더 뛰어난 생산품들이 수송의 불편함을 이유로 파리로 보내지지 않았기 때문에 영국의 전시가 제대로 되지 않았을 가능성을 지적하기도 했다.¹²⁾

9) 이들의 보고서는 *Reports of Artisans Selected by A Committee Appointed by the Council of the Society of Arts to Visit the Paris Universal Exhibition* (London, 1867)로 출판되었으며, 축약본은 William Hawes, “On the Report of the Artisans Selected to Visit the Paris Universal Exhibition of 1867,” *Journal of the Society of Arts* 16 (24 Jan. 1868), pp. 161-177에서 볼 수 있다.

10) “Conference on Technical Education,” *Journal of the Society of Arts* 16 (31 Jan. 1868), pp. 183-209.

11) Committee on Technical Education, “Report,” *Journal of the Society of Arts* 16 (24 July 1868), pp. 627-642; “Report from the Select Committee on Scientific Instruction,” *Parliamentary Papers* 14 (1868), pp. 1-416.

12) X, “The Paris Exhibition and Technical Education,” *Journal of the Society of Arts* 15 (14 June 1867), p. 492; *Report of Artisans*, pp. 422-423. 틴달의 분석은 “Technical Education,” *Journal of the Society of Arts* 15 (9

그러나 그와 같은 목소리는 소수였다. 1867년 이후의 논쟁에 관련된 거의 모든 이들은 더 나은 기술교육 시스템을 갖춘 다른 나라들이 영국의 산업을 능가하고 있으며 따라서 기술 교육의 새로운 방법이 시급히 요구된다는 점에 동의했다.¹³⁾ 기술협회가 개최한 전국 규모의 회의는 플레이페어의 제안을 약간 수정하여 다음의 세 가지 해결책을 제시했다. 1) 중간계급과 상류계급을 위한 교육기관에서 과학과 기술이 다른 분야만큼 널리 가르쳐져야 한다. 2) 효과적인 초등교육과 중등교육이 노동계급에게 제공될 수 있어야 한다. 3) 기술교육을 위한 특별 기관(박물관 포함)들을 설립해야 한다.¹⁴⁾ 그러나 한 참가자가 지적했듯이 이러한 해결책은 “매우 느슨한” 것들이었으며, 그 중 일부는 사실상 막연했다. 상류계급을 위한 대학과 학교에서 과학과 기술을 더 많이 가르치도록 어떻게 강제할 수 있을 것인가? 노동계급을 위한 “중등교육”이란 무슨 의미인가? 기술교육 기관의 이상적인 모델은 어떤 것인가? 프랑스의 에콜(ecole) 식의 학교인가 아니면 독일의 공업학교(Polytechnicum)인가? 아니면 당시 대성공으로 여겨지던 맨체스터의 오웬 칼리지(Owen's College)인가? 많은 장인들은 낙후된 영국 산업의 문제를 해결하기 위해서는 기계공 학교(Mechanic's Institute)를 직업학교(Trade School)나 인민대학(People's College)으로 변환시켜야 한다고 주장했는데, 이 같은 주장은 사실 1851년 박람회 이후로 계속 제기되어 온 것이었다. 이러한 제도적인 모호함 이외에 기술교육의 대상 또한 제대로 정의되지 못하고 있었다. 누가 우선적으로 교육을 받아야 하는가? 노동계급인가 장인들(artisans)인가? 마스터(master)인가 감독관(supervisor)인가? 상류계급 및 중간계급인가? 기술교육이란 서로 다른 사람들에게 서로 다른 의미를 가지고 있었던 것이다.¹⁵⁾

대부분의 장인과 직공들 및 일부 실업가들은 장인들을 포함하는 노동자 대중의 교육에 주된 관심을 가지고 있었다. 이들 중 몇몇은 기술교육이 과학을 이용해서 기술자의 (손이 아닌) “머리”를 훈련시키는 것이라고 생각했던 반면에, 작업장에서 점차 고도화된 기계로 인한 노동의 “기계화”에 저항하고자 했던 사람들은 기술교육을 장인의 숙련을 보존하는 방법으로 인식했다. 많은 장인들은 기계공 학교를 직업학교로 바꾸는 것을 선호했지만 일부는 산업도시들에 “노동자의 대학”(Working Men's College)을 설립할 것을 권고했으며, 또 다른 이들은 사우스켄싱턴 박물관 같은 박물관을 더 많이 세울 것을 주장했다.¹⁶⁾ 여기서 흥미로운 점은 “몸과 마음”이나 “머

Aug. 1867), on p. 602에 나와 있다.

13) 유명한 조선 엔지니어 존 스콧-러셀은 “우리는 따라잡힌 것이 아니라 우리가 자랑하던 모든 부문에서 다른 나라들에 의해 추월당했다는 것을 알게 되었다”라고 당시를 평가했다. Emerson, *Engineering Education*, on p. 174에서 인용.

14) “Conference on Technical Education,”

15) 1928년에도 교육위원회 의장이었던 유스틴스 퍼시 경은 “기술교육이란 말은 교육에 대한 모든 토론을 혼란스럽게 하는 부자연스러운 언어다”라고 논평할 정도였다. Cronin, *Technology, Industrial Conflict*, on p. 163.

리와 손” 사이의 이분법을 강조하는 표현들이 기술교육의 옹호자와 비판자들 모두에 의해 계속해서 사용되었다는 사실이다. 비판자들은 기술교육의 신봉자들이 노동자의 숙련을 향상시킴으로써, 즉 그들의 “손”을 훈련시킴으로써 그들을 더 효율적인 “기계”로 만들려고 계획하고 있으며, 이러한 점에서 기술교육 신봉자들을 “유물론자”라고 비판했다. 이와는 대조적으로 옹호자들은 기술교육이 노동자의 몸이 아니라 정신에 대한 교육을 위한 것이라고 반박했다.¹⁷⁾ 그러나 결국 문제는 “어떻게”에 관한 것이었다.

“어떻게”의 해답은 과학에서 찾을 수 있었다. 토마스 헉슬리, 리온 플레이페어, 존 스콧-러셀은 기술교육 과정에서 과학을 가르치는 일의 중요성을 강조했다. 사실 그들에게 있어서 기술교육이란 본질적으로 과학교육을 의미했다. 플레이페어는 자연과학의 산업적인 힘을 굳게 믿던 사람이었다. 1851년 광산학교에서 행해진 “산업의 진보에 필수적인 개념적 과학의 연구”라는 제목의 강연에서 플레이페어는 “산업의 영혼이자 생명인 이론적 과학을 장려할 것”을 열렬한 어조로 제안했다. 왜냐하면 “인간사의 진보가 산업적인 경쟁을 지적 능력의 경쟁으로 바꾸어놓았기 때문”이었다. 기계공 학교 운동에 깊이 관여하고 있었던 헉슬리는 손이나 기계가 아닌 노동자의 정신이 가장 중요한 도구라고 생각했다. 초등교육과정에서 과학을 가르치는 것은 그들의 정신을 훈련시키는 효과적인 방법이었다. 스콧-러셀 또한 “실천이 과학에서 분리된 것이야말로 우리 세대의 큰 불행”이라고 생각했다.¹⁸⁾ 이들은 서로 유사한 관점을 가지고 있기는 했지만 정확히 누가 기술교육의 대상이 되어야 하는가에 대해 조금씩 다른 견해를 가지고 있었다. 플레이페어, 스콧-러셀, 그리고 왕립광산학교의 화학교수인 에드워드 프랭크랜드(Edward Frankland)와 같은 과학자들은 문제의 근원을 무지한 공장 관리자와 마스터에게 돌린 반면, 헉슬리와 철강제작자 버나드 사무엘슨은 노동자와 장인들에게 더 관심이 있었다. “미개한 장인”을 “과학적인 장인”으로 돌리

16) 노동의 “기계화”에 대한 노동자들의 관심은 Cronin, *Technology, Industrial Conflict*, pp. 179-180을 다양한 제안에 대해서는 “Conference on Technical Education”을 참조. 후에 Friendly Societies에서 주임을 맡아 보았던 John M. Ludlow는 “Technical Education,” *Contemporary Review* 8 (1868), pp. 23-35에서 노동자 대학의 설립을 주장했다.

17) 이러한 메타포는 기관차 사업가 James McConnell의 “Technical Education,” *Journal of the Society of Arts* 15 (9 Aug. 1867), on p. 603에서의 언급, “Conference on Technical Education,” *Journal of the Society of Arts* 16 (31 Jan. 1868), on p. 199에서의 헉슬리의 언급, W. Mattieu Williams, “The Workshop” (Review of The Workshop) *Nature* 4 (6 July 1871), pp. 179-180; “Technical Education,” *Nature* 18 (6 Dec. 1877), on p. 97 등에서 찾아볼 수 있다. 존 페리(John Perry)는 1880년에 “우리의 노동자들은 기계이다... 우리는 영국 노동자들의 손만이 아니라 두뇌까지 사용하길 희망한다... 지금까지 우리는 노동자들의 두뇌를 거의 사용하지 않았다”라고 논평했다. John Perry, “Technical Physics,” *Journal of the Society of Arts* 28 (30 Jan. 1880), pp. 167-223, on p. 170.

18) 플레이페어, 헉슬리, 스콧-러셀에 대해서는 각각 J. G. Crowther, *Statesmen of Science* (London: Cresset, 1965), pp. 155-157; “Technical Education,” *Nature* 18 (6 Dec. 1877), pp. 97-98; John Scott-Russell, *Systematic Technical Education* (London: Bradbury Evan, 1869), on p. 349를 볼 것.

는 것이 그들에게는 가장 시급한 과제였다.¹⁹⁾ 하지만 이러한 차이점은 그들이 가진 공통점에 비하면 무시해도 좋을 만한 정도의 것이었다. 그들 모두에게 있어서 기술 교육은 곧 과학교육을 의미했으며 개혁은 곧 노동자와 장인을 위한 초등교육에 더 많은 과학교육을 도입하고 관리자와 실업가를 위한 중등학교의 교육과정을 개편하는 일(가령 라틴어 과목을 없애고 더 많은 과학과목을 도입하는 것)에 달려 있었다. 전문 엔지니어들은 초등교육과 대학에서 과학교육을 실시한다는 계획을 환영했다. 그러나 이것은 그들이 과학이 자동적으로 유용한 기술적 발전을 가져오리라는 플레이페어나 헉슬리와 같은 과학자의 견해에 동의했기 때문은 아니었다. 그보다 전문 엔지니어들은 학교에서의 과학교육을 작업장에서의 교육에 대한 유용한 보충수단으로 생각했기 때문이었다. 저항의 단위를 측정하면서 제임스 클러크 맥스웰(James Clerk Maxwell)과 협력했던 플레밍 젠킨은 엔지니어가 될 학생들에게 과학을 가르치는 것을 옹호했는데, 그는 자신의 옹호의 이유를 다음과 같이 설명했다.

엔지니어를 위한 도제제도(system of pupilage)는 유지되어야 한다. 그리고 도제 시기는 18-19 세에 시작해야 한다. 그러므로 학생은 고등수학을 습득하거나 특수한 엔지니어링 주제에 대한 많은 교육과정을 따라갈 만한 시간이 없다. 만일 우리의 젊은 엔지니어들이 훌륭한 기하학 지식과 대수, 삼각함수, 물리, 화학, 역학 제도 등의 기본을 갖춘 상태에서 도제로서 작업장에 들어갈 수 있다면 그들은 도제 기간 동안의 시간을 매우 훌륭하게 사용할 수 있을 것이다. 지금처럼 그 기간을 매우 조잡한 방식으로 설계, 측량, 기록 등 작업장에 들어가기 전에 터득했어야만 하는 기초적인 분야들을 배우는 데에 쓰는 대신에 말이다.²⁰⁾

찰스 윌리엄 지멘스(Charles William Siemens)도 이에 동의했다. 1869년 영국과학진흥협회(British Association for the Advancement of Science)의 기계과학(mechanical science) 분과에서 연설하면서 그는 현장 경험이 없는 교수들로부터 “현장교육”(practical training)을 받기보다는, 수학, 동역학, 화학, 지질학, 물리과학 등의 “근본적인 교육”을 실시한 후 작업장과 현장에서만 얻을 수 있는 전문적인 교육을 받을 것을 추천했다.²¹⁾

그 이유는 각각 달랐지만 과학에 대한 강조는 기술협회의 최종보고서에 반영되었다. 헉슬리, 프랭크랜드, 스콧-러셀, 사무엘슨, 젠킨을 포함한 위원회의 구성원들은 먼저 기술교육의 범위를 “생활의 다양한 일에 응용가능한 원리를 담고 있는 과학을 포괄적으로 교육하는 것”으로 정의했다. 위원회는 또한 “토론을 위해서 기술교육은 작업

19) W. Mattieu Williams, “Review of The Workshop,” *Nature* 4 (6 July 1871), pp. 179-180.

20) Fleeming Jenkin, “Technical Education” (An address read before the Royal Scottish Society of Arts in Edinburgh, 11 Jan. 1869) in Sidney Colvin and J.A. Ewing eds., *Papers, Literary, Scientific, &c by the Late Fleeming Jenkin* vol II (London: Longman, 1887), pp. 157-182, on p. 175.

21) C. William Siemens, “Presidential Address” (Mechanical Science) *Report of the British Association for the Advancement of Science* (1869), pp. 200-206.

장에서 행해지는 방식의 실습교육(manual instruction)을 배제해야 한다”고 결정했다. 이것은 분명 헉슬리가 1868년 초에 제기한 불만과 일맥상통하는 것이었다. 헉슬리는 기술협회가 “과학 및 기술 교육”이라는 문구를 사용한 것은 극히 어리석은 일이며 결국에는 스스로의 목적을 붕괴시키고 말 것이라고 경고했다. 왜냐하면 적어도 그에게 있어서는 과학교육이 곧 기술교육이었기 때문에 이 둘을 분리하는 것이 아무런 의미가 없을 뿐만 아니라 기술교육을 엉뚱한 방향으로 몰고 갈 수 있는 위험한 것이었기 때문이었다. 기술교육을 이렇게 정의하고서 위원회는 이 목표를 현존하는 교육기관을 개혁함으로써 이를 것인지 아니면 특수화된 기술대학(technical college)을 설립해야 할 것인가를 조사하였다. 그들은 현존하는 기관들을 개혁하는 것을 더 선호했는데 이는 기술교육의 정의로부터 논리적으로 도출되는 결론이었다. 제대로 개혁이 된다면 과학 과목들은 현존하는 칼리지와 대학의 구조에 잘 들어맞을 것이기 때문이었다.²²⁾

모든 사람이 위와 같은 기술교육의 정의나 기술교육과 실습훈련의 엄격한 분리에 동의한 것은 아니었다. 시간이 지남에 따라 그와 같은 정의가 지나치게 편협하다고 느끼게 된 엔지니어들이 나타나기 시작했다. “과학적 도제제도”에 대한 1879년의 도발적인 강연에서 실바누스 톰슨(Silvanus Thompson)은 기술교육과 산업적 (실습)교육이 서로를 포함해야 한다고 주장하면서 둘 사이의 “임의적인 구분”에 반대했다. 톰슨의 발표에 대한 토론을 하면서 윌리엄 에이튼(William Ayrton)도 1868년 위원회의 정의를 비판하였는데, 왜냐하면 “그것이 순수물리학 연구에 대한 매우 훌륭한 정의일지는 몰라도 그 정의에는 기술적인 면이 전혀 없기” 때문이었다. 에이튼은 기술교육이 “생활의 다양한 일에 응용가능한 원리를 담고 있는 과학의 교육”보다는 “생활의 다양한 일에 대한 과학의 응용 그 자체를 교육하는 것”이어야 한다고 주장했다. 이 두 가지 교육관의 차이의 근원에는 세상 사물에 대한 과학의 응용이 절대로 자동적이고 간단한 것이 아니라는 인식이 존재했다. 에이튼의 동료였던 존 페리(John Perry)는 자신의 소년시절 작업장에서 아무도 실제적인 문제를 해결하기 위해 과학 지식을 어떻게 적용해야 하는지 가르쳐주지 않아서 좌절했던 기억을 떠올리며, 과학의 교육과 그 응용의 교육의 차이를 강조했다.²³⁾ 사실 이들의 주장은 새로운 것이 아니었다. 1855년에 이미 열역학이라는 과학 분야와 토목공학과 같은 기술 분야 모두에 크게 기여한 윌리엄 랭카인(William J.M. Rankine)은 엔지니어링이 순수한 과학 지식과도 달라야 하고 순수한 실제적인 지식과도 달라야 한다고 선언했다. 그에

22) Committee on Technical Education, “Report,” *Journal of the Society of Arts* 16 (24 July 1868), pp. 627-642, on pp. 627-628. 헉슬리에 대해서는 “Conference on Technical Education,” *Journal of the Society of Arts* 16 (31 Jan. 1868), on p. 199를 볼 것

23) Silvanus P. Thompson, “Apprenticeship: Scientific and Unscientific,” *Journal of the Society of Arts* 28 (5 December 1879), pp. 34-42, on p. 35. William Ayrton, “Discussion of Thompson,” on pp. 45-46; John Perry, “Discussion of Thompson,” on p. 45.

따르면 엔지니어링은 이 둘 사이를 중개하는 지식으로서 둘을 연결시켜야 하며 “과학의 원리를 실제적인 목적에 응용하는 것”과 관련이 있어야 했다.²⁴⁾

그러나 과학, 엔지니어링, 실제적 지식, 산업 사이의 미묘한 차이는 1860년대 말엽과 1870년대의 기술교육 옹호자들에게는 뚜렷하지 않았다. 기술교육이 본질적으로 과학교육이라는 생각은 1880년대까지도 널리 퍼져 있었다.

사람들이 응용과학이라고 부르는 것은 순수과학을 특정한 문제들에 적용한 것에 지나지 않는다. …… 기술과 제조업에서 사용되는 거의 모든 공정이 물리학이나 화학의 범위 안에 들어간다. 이들을 향상시키기 위해서는 그것들을 완전히 이해해야만 한다 그리고 물리와 화학 실험실에서 제대로 지도를 받고 장기적인 순수과학 교육을 받음으로써 생기는 원리에 대한 숙달과 사실을 다루는 습관을 획득하지 않는다면 그것들을 제대로 이해할 수 있는 기회는 없다.²⁵⁾

그렇지만 1880년대 말엽이 되면 약간의 변화가 나타났다. 1880년대 말엽에 “기술훈련”(technical instruction)이란 말이 기술교육(technical education)을 대체해서 쓰이기 시작했는데, 기술훈련은 산업에 대한 과학의 응용을 가르치는 것을 포함하도록 정의되었다. 예를 들어, 1889년에 제정된 “기술훈련 촉진법”(Act to Facilitate the Provision of Technical Instruction)은 여전히 대부분의 실습교육을 제외시키기는 했지만 그래도 새로운 정의를 담고 있었다. 그것은 “기술훈련”이라는 표현은 산업에 응용가능한 과학, 기술의 원리에 대한 교육, 그리고 과학과 기술의 특별한 분과를 특정한 산업이나 업무에 응용하는 것에 대한 교육을” 의미한다고 이를 정의했다는 데에서도 볼 수 있다.²⁶⁾

기술교육과 관련된 개념적인 혼동은 차치하고라도, 기술교육을 위해 특화된 고등교육기관(프랑스의 에콜이나 독일의 공업학교와 같은)을 설립해야 한다는 주장도 별 반응을 얻지 못했다. 1869년에 출판된 책에서 존 스콧-러셀은 영국인들이 독일과 같은 수준의 기술교육을 받기 위해서는 (각각 49명의 교수진과 468명의 학생을 가진) 11개의 기술대학과 (각각 26명의 마스터와 587명의 도제를 가진) 11개의 직업학교, 그리고 고등직업학교 학생 9만명이 있어야 한다고 주장했다. 그는 또 독일 및 프랑스와 경쟁하기 위해서는 정부가 “100개의 교수좌를 갖춘 대형 기술대학과 25명의 교수를 가진 지방 기술 칼리지와 각각 5명에서 25명의 교사를 가진 300개의 과학 및 직업학교(도시인구 이만명 당 하나 또는 시골 인구 만명당 하나)”를 설립할 것을 제안했다. 이와 같은 과격한 제안 대신에 기술협회의 위원회는 맨체스터의 오

24) William J. M. Rankine, “Preliminary Dissertation on the Harmony of Theory and Practice in Mechanics,” (1855-1856) published in his *A Manual of Applied Mechanics* (London: Charles Griffin, 1888), pp. 1-10.

25) Huxley, “Science and Culture,” (1880년에 메이슨 칼리지 개교 기념 강연) in *Science and Education, Collected Essay III* (New York: D. Appleton, 1896), pp. 134-159, on pp. 155-156.

26) N. B. Dearle, *Industrial Training: With Special Reference to the Conditions Prevailing in London* (London: P.S. King & Son, 1914), on p. 282에서 인용.

웬 칼리지나 런던의 유니버시티 칼리지 또는 킹스 칼리지와 같은 교양교육 대학을 더 많이 설립할 것을 권고했다. 의회 위원회의 보고서는 “과학교사의 부족과 그들을 훈련시킬 학교의 부족”이 영국의 기술교육 시스템의 가장 심각한 약점이라고 주장했다. 유명한 기계 엔지니어인 조셉 위트워스(Joseph Witworth)는 이 문제에 대한 해결책으로 과학교사의 양성을 지원하기 위한 장학금을 출연했다. 기술교육에 대한 정부와 의회 내에서의 논쟁은 교육 일반의 문제로 바뀌면서 학교조사위원회가 수행하는 일반교육 개혁 문제나 1872년 설치된 왕립과학위원회(이른바 “데본셔 위원회”(Devonshire Commission))가 수행하는 과학교육 문제에 대한 논쟁으로 이어졌다.²⁷⁾

3. 과학적 엔지니어링과 엔지니어링 실험실

1840년대에서 1850년대에 이르기까지 과학이론과 체계적인 실험이 점차 현장 엔지니어링 속으로 침투했다. 로버트 스티븐슨(Robert Stephenson)은 브리태니커 다리를 건설하면서 수학자 이튼 호지킨슨(Eaton Hodgkinson)으로부터 관 모양 강철의 새로운 사용법에 대한 도움을 받았다. 조선공학에서는 브루넬(I.K. Brunel)이 철제 증기선(특히 그레이트 이스턴 호) 건설에서 존 스콧 러셀의 고립과 이론과 옥스퍼드 졸업생인 윌리엄 프루드(William Froude)의 수학의 도움을 받았다. 신호전달에 대한 윌리엄 톰슨(William Thomson)의 수학적 이론은 미세한 거울 검류계와 마찬가지로 첫 번째 대서양 횡단 전선의 성공에 필수적이었다. 랭카인은 인도의 페리야 강의 댐 건설 공사에서 고문 엔지니어 역할을 하면서 수학이론을 이용하여 수평단면에 인장 변형력이 없는 댐을 설계했다. 랭카인은 또 훌륭한 선박제조자인 네피어(J.R. Napier)에게 배의 저항에 관해 조언을 했다.²⁸⁾

이러한 사례들이 늘어나는 것과 더불어 엔지니어링은 대학과 칼리지에 자리를 잡았다. 런던의 유니버시티 칼리지(University College, London: UCL)는 1826년에 문을 연지 2년 만인 1828년에 엔지니어링 학과를 설립했고, 엔지니어인 존 밀링턴(John Millington)을 첫 번째 교수로 임용했다. 그가 사임한 후에 유니버시티 칼리지는

27) Scott-Russell, *Systematic Technical Education*. 또한 Emmerson, *Engineering Education*, pp. 174-177도 참조.

28) 스티븐슨과 브루넬은 Buchanan, *The Engineers*, p. 164 참조. 톰슨은 Crosbie Smith and Norton Wise, *Energy and Empire: A Biographical Study of Lord Kelvin* (Cambridge: Cambridge University Press, 1989)을, 랭카인은 Hugh B. Sutherland, *Rankine: His Life and Times* (London: Institution of Civil Engineers, 1973), pp. 7-9를 참조. “과학적 공학”의 출현에 대해서는 Buchanan, “The Rise of Scientific Engineering,”을 참조할 것.

1841년에 토목공학 교수좌를 만들고 당시에 가장 긴 현수교를 키에프에 건설한 토목 엔지니어 찰스 비그놀즈(Charles Vignoles)를 교수로 임명했다. 철제빔에 대한 역사적인 실험에서 윌리엄 페어번과 로버트 스티븐슨을 도왔던 응용수학자 이튼 호지킨슨은 1846년에 UCL의 기계공학 교수가 되어 1861년 죽기 전까지 교수좌를 유지했다. 윌리엄 폴(William Pole)과 플리밍 젠킨은 모두 UCL의 토목공학 교수로 활동했다. UCL의 토목공학 교수좌는 알렉산더 케네디(Alexander Kennedy)가 1874년에 응용수학과 역학 교수로 임명되고 엔지니어링에 실험실 교육을 도입하면서 다시 명성을 얻었다. UCL 외에도 런던의 킹스 칼리지가 1830년대와 1840년대를 걸쳐 찰스 휘트스톤(Charles Wheatston)과 윌리엄 호스킹(William Hosking)을 교수로 임명하여 엔지니어링 교육을 실시했다. 비록 에딘버러 대학과 더햄의 노던 대학의 엔지니어링 교수좌는 오래가지 못했지만, 글래스고 대학은 좀더 성공적이었다. 1841년에 글래스고 대학은 템즈 터널 공사에서 브루넬을 도왔으며 독일과 프랑스에서 공부한 루이스 고든(Lewis Gordon)을 토목공학과 역학 교수좌에 임명했다. 고든은 이 오래된 대학에서 두각을 나타내지 못한 채 1855년에 사임했지만 그의 뒤를 이은 랑카인은 그곳을 성공적인 엔지니어링 학교로 만들었다. 랑카인은 과학(특히 열역학)과 엔지니어링 모두에 기여했으며 토목공학과 기계공학 분야에서 수학이론을 강조하는 영향력 있는 교과서를 여러 권 저술했다. 로버트 네피어와 글래스고의 철제선박 제조업자이자 엔지니어인 존 엘더(John Elder)는 선박공학과 조선공학에 관해 랑카인의 조언을 구했다. 더욱 중요한 것은 랑카인이 1872년에 글래스고 대학에서 엔지니어링 학사 학위를 수여하기 시작했다는 사실이다.²⁹⁾

1868년은 전문 학문분야로서의 엔지니어링의 역사에서 중요한 해였다. 1851년에 설립되었고 로스코우(H.E. Roscoe)가 이끄는 화학과로 유명했던 맨체스터의 오웬 칼리지(나중의 맨체스터 대학)는 1868년에 새로운 엔지니어링 교수좌를 설치하여 오스본 레이놀즈(Osborne Reynolds)를 임명했다. 같은 해에 플레밍 젠킨은 에딘버러 대학의 엔지니어링 교수좌에 임명되었다. 런던에서는 유니버시티 칼리지가 1868년에 토목공학의 새 교수좌를 설치하였는데, 이 자리에는 1874년에 케네디가 임명되었다. 킹스 칼리지는 1869년에 새 작업장을 열었으며, 캠브리지 대학은 에어리(G. B. Airy)와 로버트 윌리스(Robert Willis)가 응용역학과 엔지니어링에 대한 강연을 한 이후인 1875년에 기계와 응용역학 분야 교수좌를 만들었고 제임스 스튜어트(James Stuart)를 첫 번째 엔지니어링 교수로 지명했다.³⁰⁾

29) 런던 대학의 엔지니어링 역사에 대해서는 Emmerson, *Engineering Education*, pp. 117-126를 볼 것. 랑카인에 대한 좋은 연구로는 David F. Channel, "The Harmony of Theory and Practice: The Engineering of W. J. M. Rankine," *Technology and Culture* 23 (1982), pp. 39-52이 있다.

30) Buchanan, *The Engineers*, pp. 169-173. 케임브리지 대학의 스튜어트 교수의 작업장 워크숍은 북부 공장지대에 온 것 같은 느낌을 들게 했다. "Prof. James Stuart's Workshop," *The Cambridge Review* 2 (16 March 1881), pp. 226-228 (on p. 226).

1870년대 후반의 가장 주목할 만한 사건은 런던에 시티와 길드 기술학교(City and Guilds Technical School)가 설립된 것이었다. 이는 1878년 11월 번성한 런던의 동업조합들이 기술교육을 촉진시키기 위해 기술교육 진흥을 위한 런던 길드 협회(City and Guilds of London Institute for the Advancement of Technical Education, 보통 C.G.L.I라 불렸음)를 설립한 사건에서 촉발되었다. 1880년 초에 이 협회는 센트럴 기술대학교(Central Institution)를 위한 1851년 위원회(1851 Commission for the Central Institution)와의 협상을 통해 사우스 켄싱턴에 대규모의 땅을 획득하였다. 이 협상 이전에 길드 협회는 이미 코우퍼가의 중간계급학교(Middle Class School)로부터 땅을 빌려서 실용적인 노동자들과 장인들을 위한 저녁 강좌를 시작했었다. 에이튼은 도쿄제국공업대학에서 막 돌아와서 1879년 가을 시티와 길드 기술학교의 물리학 교수로 임명되었으며, 암스트롱(H.E. Armstrong)은 화학을 가르치기 위해 고용되었다. 1879년에서 1880년까지 이들은 “전기와 자기의 실제적인 응용”, “역학의 원리”, “화학의 기본원리”, “더 중요한 비금속의 화학”과 같은 과목들을 가르쳤고, 100명 이상의 학생들이 각 세션의 강좌에 참가했다. 1883년에는 핀스베리 기술 칼리지의 건설이 마무리되었고, 1885년에는 시티와 길드의 고등 기술교육기관인 센트럴 기술대학교가 사우스 켄싱턴에 문을 열었다. 에어튼과 암스트롱은 센트럴 기술대학교로 자리를 옮겼고 언윈(W.C. Unwin)과 헨드리치(O. Hendrici)가 각각 그곳의 엔지니어링과 수학 교수로 임명되었다. 그 무렵에 도쿄에서 에어튼의 동료였던 존 페리와 브리스톨에서 온 실바누스 톰슨이 핀스베리 기술 칼리지에 자리를 잡았다.³¹⁾

19세기 마지막 사반세기 동안 엔지니어링 실험실과 엔지니어에 대한 실험실 교육이 빠르게 증가하는 추세로 등장했다. 이보다 전에도 엔지니어링 분야에서 실험실과 실험 교육이 사용되었지만, 그것과 1875년 이후의 경향과는 본질적인 차이가 있었다. 첫째로 엔지니어들은 전기나 화학 이론에 대한 학생들의 이해를 돕기 위해 물리나 화학 실험실에서 다양한 실험을 수행했지만, 그와 같은 실험실은 “시범을 위한 실험실”(demonstration laboratory)이었으며 그 목적은 “과학” 이론의 교육을 보조하는 것으로 한정되어 있었다. 둘째로 켄킨, 랑카인, 스튜어트와 같은 이론적인 엔지니어들은 종종 자신들의 작업장(workshop)에서 독창적인 연구를 수행했다. 이런 점에서 그들의 작업장은 일종의 실험실이었다. 그러나 그곳은 교수들의 연구를 위한 공간이었지 엔지니어링 학생들의 교육을 위한 공간은 아니었다. 이따금 몇몇 특별하게 뛰

31) Adrian Whitworth ed., *A History of the City and Guilds College, 1885 to 1985* (London, 1985), pp. 1-8; Cardwell, *Organisation of Science*, pp. 126-132. 에이튼과 암스트롱의 1879-1880년 강좌는 “Technical Education,” *Journal of the Society of Arts* 28 (2 Apr. 1880), pp. 403-404에 나와 있다. 일본에서 에이튼의 경력에 대해서는 Yuzo Takahashi, “William Edward Ayrton at the Imperial College of Engineering in Tokyo - the First Professor of Electrical Engineering in the World,” *IEEE Transactions on Education* 33 (May 1990), pp. 198-205를 참조.

어난 학생들이 교수를 도우면서 독창적인 실험을 통해 훈련받기도 했지만 그러한 경우는 매우 드물고 예외적이었으며 그들은 학생이기보다는 도제에 더 가까웠다. 부족했던 것은 엔지니어링과 관련한 실험과 측정을 다수의 학생 교육을 위해 필수적인 엔지니어링 실험실이었다.³²⁾

새로운 유형의 엔지니어링 실험실과 실험교육은 알렉산더 케네디가 1874년에 런던의 유니버시티 칼리지의 응용수학 및 역학 교수로 임명되어 1875년 10월에 “엔지니어링 교육에서 칼리지의 위치에 대하여”라는 역사적인 강연을 했던 시점에서 출발한다고 보아도 과언이 아니다. 그의 엔지니어링 실험실은 1879년 10월에 문을 열었는데, 당시에 『엔지니어링』(*Engineering*)지는 “엔지니어링 실험실이라는 표현이 다소 어색하게 들린다”는 흥미로운 논평을 게재했다.³³⁾ 여기서 볼 수 있듯이 엔지니어링 실험실이 극복해야 할 가장 강력한 장벽은 “전통”이었다. 스미튼, 브린들리(James Brindley), 텔포드, 아크라이트(Richard Arkwright), 하그리브스(James Hargreaves), 스티븐슨 부자, 브루넬 부자(Marc Isambard Brunel and Isambard Kingdom Brunel) 등 영국의 모든 유명한 엔지니어들은 작업장이나 현장에서 스스로 성장한 이른바 “실제적인 사람들”(practical men)이었다. 이렇게 성공한 전통을 상대로 싸우는 것은 쉽지 않은 일이었는데, 이를 위해 케네디는 우선 당대의 엔지니어링 작업을 100년 전의 엔지니어링 작업과 구별하고 전자가 후자보다 훨씬 복잡하다고 주장했다. 케네디 시대의 엔지니어들은 “과거의 작업을 모방하는 것이 아니라 그것을 능가하고, 훨씬 나은 기계를 설계하고, 더 깊은 틈을 메우고, 더 단단한 바위를 폭파하고, 일반적으로 더욱 불가능한 일들을 해내도록 요구받고” 있으므로 엔지니어의 교육은 편협한 전통적 교육에 머무르지 말고 “과학적인 엔지니어링”을 포함해야 한다는 것이었다.³⁴⁾

32) 플레밍 젠킨은 에딘버러대학교의 작업장에서 그의 그래픽 방법을 사용해서 증기기관의 효율을 측정하는 실험을 광범위하게 수행했는데, 이 실험에는 이후 케임브리지대학교의 엔지니어링 교수가 된 제임스 유잉(James Ewing)이 조수로 참여했다. Fleming Jenkin, “On the Application of Graphic Methods to the Determination of the Efficiency of Machinery,” (1877) in *Papers*, pp. 271-341, esp. on p. 336. 젠킨은 이 실험으로 에딘버러 왕립학회의 금메달을 수상했다.

33) Alexander B. W. Kennedy, “The Place of Colleges in Engineering Training,” (Introductory Lecture delivered to the Faculties of Arts and Laws and of Science at University College, London, 5 October 1875), *Journal of the Society of Arts* 23 (22 Oct. 1875), pp. 963-968. “The Engineering Laboratory at University College,” *Engineering* 28 (26 Sep. 1879), pp. 247-248.

34) Kennedy, “The Place of Colleges,” on p. 964, 967. 케네디의 수사법은 당시 무척 새로운 것이었다. 당대의 토목공학자들은 자신들의 토목공학 작업이 과거의 그것과 비교해서 놀랄만큼 복잡해졌음을 알고 있었지만, 이러한 새로운 문제들이 과거의 방법을 사용해서 효과적으로 해결될 수 있다고 믿었다. 예를 들어, 1865년에 토목공학회의 회장을 맡았던 파울러(John Fowler)는 이러한 새로운 문제들이 “진정한 엔지니어링 원칙들, 충분한 경험, 정확한 판단의 결합을 통해서 차분하게 해결되어야 한다”고 강조했다. John Fowler, “Address of the President,” *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 25 (1865-1866), pp. 203-228, on p. 207.

케네디는 이어서 엔지니어링 교육이 포함해야 할 세 가지 요소를 열거했다.

- 1) 일반 과학의 배경. 즉 다양한 분야의 수학, 물리학, 화학, 야금학, 지질학을 포함하여 엔지니어링의 기초가 되는 과학의 원리에 대한 지식.
- 2) 이러한 과학적 원리를 엔지니어링 작업에 응용하는 방법에 대한 지식. 예를 들면 열역학 법칙의 증기기관에의 적용, 구조물에 대한 역학법칙의 적용, “재료의 강도에 관한 이론”의 기계설계에의 적용. 이러한 부분의 교육은 “이론”과 “실제”의 동일성을 확립하여야 함.
- 3) 실제 기계의 설계 및 제작과 같은 응용 자체에 대한 약간의 경험³⁵⁾

그리고 나서 그는 이 세 가지 점에 대해서 칼리지 교육과 작업장(workshop) 교육의 장점과 약점을 비교했다. 첫 번째 점과 관련해서는 칼리지가 더 나은 교육을 제공한다는 점이 명백했다. 수학, 물리, 화학, 지질학은 칼리지에서 체계적으로 가르쳐지는 반면, 바쁘게 돌아가는 엔지니어의 작업장에서는 이런 종류의 과학적인 지식을 얻는 것이 불가능했기 때문이다. 두 번째 점에 대해서 케네디는 작업장이나 사무실이 과학적 원리를 실제적인 작업에 적용하는 법을 배우기에 좋은 장소가 아니라고 주장했다. 작업장이나 사무실의 전문 엔지니어가 이것을 가르칠 수도 있겠지만 실제로는 너무 바빠서 도제에게 가르침을 주는 것이 불가능하다는 이유 때문이었다. 케네디는 도제들이 이러한 노하우를 자기들의 힘으로 “습득”하도록 강요당했던 반면에, 칼리지의 학생들은 그와 같은 “응용과학”을 강의와 실험을 통해 배울 수 있다고 주장했다. 여기서 중요했던 것이 엔지니어링 실험실이었는데, 그 이유는 칼리지의 학생들이 실험실에서 공장이나 작업장에서는 할 수 없는 체계적인 실험과 측정을 하면서 실제 엔지니어링에서 사용되는 물질의 성질을 이해할 수 있기 때문이었다. 마지막 요소에 대해서 케네디는 실제 세계에서의 현장 경험이 칼리지에서 완전하게 반복될 수 없다는 점을 인정했다. 학생들은 이러한 경험을 작업장, 공장, 현장에서 얻어야만 할 것이었다. 케네디의 결론은 엔지니어링 학생들이 훌륭한 엔지니어링 실험실을 갖춘 칼리지에서 완벽하지는 않더라도 상당히 괜찮은 훈련을 받을 수 있다는 것이었다.³⁶⁾

1879년 UCL에 케네디의 엔지니어링 실험실이 세워진 이후로 엔지니어링 실험실은 다른 칼리지와 대학으로 빠른 속도로 번져갔다. 기계공학자 윌리엄 언윈(William C. Unwin)은 1883년 런던의 왕립 인디언 엔지니어링 칼리지에 자신의 기계공학 실험실을 세웠으며, 사우스 켄싱턴의 센트럴 기술대학교는 1884년에 그를 초빙하기 위해 좋은 시설을 갖춘 기계공학 실험실을 지었다. 이 학교는 또한 여러 개의 전기공학 실험실도 가지고 있었다. 1884년과 1889년 사이에 브리스톨의 유니버시티 칼리

35) Ibid.

36) Ibid. 케네디의 실험실은 “The Engineering Laboratory at University College,” *Engineering* 28 (26 Sept. 1879), pp. 247-248; “The Engineering Laboratory at University College,” *Engineering* 34 (22 December 1882), pp. 603-604에 상세하게 묘사되어 있다.

지, 쉐필드의 퍼스(Firth) 칼리지, 리즈의 요크셔 칼리지, 오웬 칼리지, 리버풀의 유니버시티 칼리지가 각각 기계공학 실험실을 만들었다. 런던의 유니버시티 칼리지와 킹스 칼리지는 모두 1890년대 초에 전기공학 실험실을 설치했다. 캠브리지 대학교 이와 비슷한 시기에 엔지니어링 실험실을 열었다. 19세기 말의 전기공학에 대한 흥미 있는 연구에서 로버트 폭스(Robert Fox)와 안나 과그니니(Anna Guagnini)는 “엔지니어링 실험실”이라는 용어가 “마술적인” 힘을 가지고 있었음을 보여주었다.³⁷⁾ 그들에 따르면 엔지니어링 실험실은 대학 시스템에 속하는 과학적인 분야로서의 엔지니어링의 이미지를 촉진시켰다. 오웬 칼리지의 오스본 레이놀즈의 회고가 이 점을 보여주고 있다.

“엔지니어링 실험실”이라는 표현에 관해 레이놀즈는 아마도 바로 그것이 그가 수년간 몹시 원했던 것이라고 말할지 모른다. 1872년 혹은 1873년 이래로 그는 오웬 칼리지 당국이 엔지니어링 학생들의 예증과 작업을 위한 시설을 늘리도록 설득하기 위해 노력해 왔다. 하지만 최선을 다했음에도 불구하고 그는 저자[케네디]가 모범을 보일 때까지 성공하지 못했으며 그는 “실험실”이라는 단어가 그의 성공과 많은 관계가 있다고 믿었다. 작업장을 세우는 것에 대해서는 많은 두려움이 있었지만 실험실에 대해서 얘기하자마자 모든 반대가 사라졌다. 분명히 그 단어는 행해지는 작업을 보다 정확하게 표현해 주었으며, 아마도 그 표현의 적절성이 그 결과와 관계가 있는 것 같다.³⁸⁾

“실험실”이라는 용어가 가졌던 마술적인 힘은 캠브리지의 경우에 가장 잘 드러난다. 캠브리지 대학의 첫 번째 기계학 및 응용역학 교수를 지낸 제임스 스튜어트는 활발한 노력에도 불구하고 자신의 작업장을 확장하는 데에 실패했다. 그런데 1889년과 1890년 사이에 “작업장 훈련” 대신 “엔지니어링의 실험실 교육”이라는 용어가 강조되면서 대학의 (또는 대학 내의 보수적인 인사들의) 엔지니어링에 대한 반감이 줄어들었다. 캠브리지 과학 기구 회사를 운영했던 호라스 다윈(Horace Darwin)은 다음과 같이 말했다. “엔지니어링 교육의 현 시스템은 이사회와 많은 이들로부터의 반대에 직면해왔다. ...한가지 가능한 개선 방안은 작업장을 엔지니어링 실험실로 변환하는 것이다. 이것은 큰 비용을 들이지 않고도 할 수 있으며 지금까지 제기되어온 많은 반대를 제거할 수 있을 것이다.”³⁹⁾

1891년 스튜어트의 뒤를 이은 알프레드 유윙(Alfred Ewing)은 몇 년 안에 엔지니어링 실험실을 설립하는 데에 성공했다. 그는 취임 연설에서 작업장 교육은 매우 귀중한 것이기는 하지만 불완전하다고 말했는데 작업장에서는 과학이론이 실제로 어떻게 연결되는 지를 가르칠 수 없기 때문이었다. 그리고 그는 다음과 같이 선언했다.

37) Fox and Guagnini, “Laboratories, Workshops, and Sites,” on p. 210.

38) Osborne Reynolds, “Discussion,” on Kennedy, “The Use and Equipment of Engineering Laboratory,” *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 88 (1887), on p. 83. 이보다 약간 짧은 인용은 Fox and Guagnini, “Laboratories, Workshops, and Sites,” on p. 212에도 실려 있다.

39) Fox and Guagnini, “Laboratories, Workshops, and Sites,” on p. 213에서 재인용.

물리학 실험실이 물리 교육에 기여한 바나 화학 실험실이 화학 교육에 기여한 바를 엔지니어링 실험실이 과학적인 엔지니어링 교육에 해 주었다고 말하는 것은 결코 과장이 아니다. 15년 전에는 잉글랜드나 스코틀랜드의 어떤 칼리지에도 엔지니어링 실험실이라는 것이 없었다. …… 오늘날 엔지니어링을 가르치는 교수가 있는 대학이나 칼리지는 값비싼 실험실을 갖추지 못한다면 완전할 수가 없다.⁴⁰⁾

과학에서의 실험실이 오랫동안 과학도를 교육하는 데 결정적인 수단을 제공했듯이, 유유펜과 같은 새로운 세대의 엔지니어들에게 엔지니어링 실험실은 단지 “개인 연구의 수단”이 아니라 “교육의 도구”였던 것이다.

그러나 1880년대와 1890년대를 거치면서 엔지니어링 실험실이 작업장을 완전히 제압했다고 결론짓는 것은 잘못된 일이다. 대부분의 엔지니어들은 여전히 칼리지의 실험실 교육이 단지 이론적이고 쓸모없는 지식만을 제공한다고 의심했다. 그들은 “엔지니어가 되기 위해 필수적인 지식을 줄 수 있는 것은 오직 실습(practice)뿐”이며 그러한 실습은 대학 강의실이나 실험실이 아닌 작업장, 공장, 현장에서만 이루어질 수 있다는 젠킨의 결론에 동의했다.⁴¹⁾ 현장 엔지니어들에게 있어서 대학이나 칼리지 교육은 작업장 경험의 보충 정도도 될 수 없었다. 그것은 단지 나중을 위한 준비단계로서 쓸모가 있을 뿐이었다. 이와 같은 태도는 케네디가 1886년에 토목공학자 협회에서 행한 발표에 대한 많은 엔지니어들의 반응에서 확인된다.⁴²⁾ 이 발표는 주로 교육을 위한 다양한 기계의 사용에 대한 것이었지만, 시작 부분에서 그는 “작업장에서의 실습교육은 그 자체만으로는 불완전”하고 이러한 불완전성은 기술 및 과학 기관에서의 훈련을 통해 보충할 수 있다고 말했다. 여기서 실험실과 작업장이 여전히 상호보완적인 것으로 보일 수도 있겠지만 그 무게중심은 이미 실험실로 옮겨져 있었다. 케네디의 발언은 조시아 맥그리거(Josiah McGregor)라는 엔지니어에 의해 강하게 비판받았다. 그는 “보통의 도제제도에서 젊은 엔지니어는 배울 것이 매우 많은데, 그것들이 매우 철저하게 가르쳐지며 어느 정도 철강의 물리적 성질에 대한 지식도 전해줄 수 있기” 때문에 “작업장에서의 교육은 놀랄 정도로 흠 잡을 데가 없다”고 강조했다. 더 나아가 그는 대학의 엔지니어링 실험실이 작업장을 보완하는 것이 아니라 물리학 실험실에 대한 보완 역할을 하는 것이라고 주장했다. “실험실이 작업장의 분위기를 덜 낼수록 더 좋다”는 것이다. 또 다른 엔지니어인 스트루들리(W. Stroudley)도 “[실험실에서의] 파괴 테스트가 최상의 기계 형태를 결정해주지는 못할 것이며 엔지니어가 각각의 목적에 가장 알맞은 것을 결정할 수 있는 것은 결국 [실제의] 파손과 고장을 목격함으로써 가능하다”고 지적했다.⁴³⁾

40) James Alfred Ewing, “The University Training of Engineers,” *The Electrician* 26 (3 April 1891), pp. 676-677.

41) Jenkin, “Technical Education,” pp. 173-175.

42) Kennedy, “The Use and Equipment of Engineering Laboratory,” *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 88 (1887), pp. 1-80.

플레이페어나 헉슬리와 같은 기술교육운동의 지도자들은 영국의 도제/작업장 시스템이 야기한 영국의 낙후성을 강조하기 위해 영국과 프랑스를 비교했지만, 작업장에서 교육을 받은 엔지니어들은 프랑스식의 “이론적인” 훈련보다 영국식의 작업장을 더 신뢰했다. 동시대의 엔지니어들보다 과학이론의 가치를 잘 이해하고 있었던 브루넬은 젊은 엔지니어들에게 “종교적인 원리에 대해 알기 위해 현대의 저작들을 찾지 않는 것처럼 역학에 대해 알기 위해 그들[프랑스 저자들]의 저작을 읽지 말라”고 경고했다. 그는 “대장장이나 수레목수의 작업장에서 몇 시간을 보내는 것으로 실용적인 역학에 대해 더 많은 것을 배울 수 있을 것이다. 실습을 위해서는 영국 책들을 읽어라”고 권고했다. 1870년에 토목공학자 협회가 출판한 『영국과 외국에서의 토목공학자의 교육과 지위』라는 책자는 “이론적인 지식이 반드시 필수적이라고 생각하는 것은 영국의 전통이 아니”라고 보고했다.⁴⁴⁾ 5년 후 “위대한” 존 레니의 아들인 존 레니 경(Sir John Rennie)은 엔지니어를 위한 이상적인 교육으로 증기기관 및 기계 제작자들 아래서의 도제생활을 할 것과 유명한 토목 엔지니어들과 일하면서 철도와 공공사업에 관해 배울 것을 추천하였다. 1884년까지도 찰스 윌리엄 지멘스는 영국과 독일의 엔지니어링 교육을 비교해달라는 요청을 받고서 다음과 같이 말했다. “나는 종합기술 전문학교(polytechnic schools)와 같은 기관에서만 모든 교육을 받은 젊은이보다는 실습을 통해 배우고 스스로 공부하여 자신의 지식을 보충한 사람을 고용할 것이다.”⁴⁵⁾

플리밍 젠킨은 1884년의 대중강연에서 왜 대학의 실험실이 작업장을 대신할 수 없는지에 대한 근거를 제시했다.

젊은 프로페셔널 엔지니어는 작업을 통해 단지 줄질이나 나무 깎기만 배우는 것이 아니다. 그는 모든 종류의 작업에 필요한 시간을 배우고 각 종류의 작업에 필요한 끝손질을 배우고, 다양한 부품들을 다루는 방식을 배우고, 편리한 형태들을 배우고 작업장의 일상적인 과정들을 배우고, 사람의 성격을 배우고, 저장 방식을 배우고, 시장에서 구입할 재료와 크기에 대해 배우고, 수백 가지의 다른 것들을 배우게 되는데 이것들은 실제 생산자와 완전히 접촉한 후에만 제 것으로 습득할 수 있다. 이러한 것을 칼리지에서 훑내 낼 수는 없다.⁴⁶⁾

43) Kennedy, “Use and Equipment,” on p. 1; Josiah McGregor, “Discussion,” on p. 112; W. Stroudley, “Discussion,” on p. 116. 또 다른 실제적 엔지니어 W. Anderson은 실험실에서의 실험이 작은 스케일에서 이루어진다는 한계를 지적했다.

44) I. K. Brunel, *Private Letter Books* VI (2 Dec. 1848); Institution of Civil Engineers, *The Education and Status of Civil Engineers in the United Kingdom and in Foreign Countries* (ICE, 1870), viii-ix. 여기서 Buchanan, *The Engineer*, on p. 163 and p. 169에서 각각 인용.

45) 레니의 논평에 대해서는 Peter Lundgreen, “Engineering Education in Europe and the U.S.A., 1750-1930: The Rise to Dominance of School Culture and the Engineering Profession,” *Annals of Science* 47 (1990), pp. 33-75를 참조. 지멘스는 Ewing, “The University Training of Engineers,” on p. 677에서 인용했다.

46) Fleeming Jenkin, “On Science Teaching in Laboratories,” (Lecture at a Conference at the International

물론 칼리지의 실험실은 여전히 중요한 역할을 지녔다. 젠킨은 칼리지 실험실에서의 실험을 두 가지 종류로 분류했다. 그 중 하나는 최고 수준의 연구를 지향하는 학생들을 위한 실제적인 교육이었고, 또 다른 하나는 평범한 젊은 학생들을 위한 “측정 수업”이었다. 측정 수업은 학생들에게 (전기저항과 같은) “추상적인 개념”을 “현실”로 바꾸는 법을 가르칠 수 있으며 정확도와 세부사항에 대한 관심을 촉진시킬 수 있었다. 과학적, 공학적 측정을 가르치는 것은 정신적인 규율과 몸을 움직이는 기술을 가르치는 효과적인 방법이었고 작업장을 위한 훌륭한 준비과정의 일부였다. 젠킨과 같은 엔지니어들에게 과학은 우수한 학생을 위한 실제적 교육이 아니라 조금 떨어지는 학생들의 정신에 “규율”을 심어주는 의미로서 더 중요했던 것이다.

4. 1880-90년대의 전기공학교육: 실험실과 작업장(workshop)의 결합

1870년대 말에 이르기까지 전기공학이란 곧 전신공학이었으며 토목공학이나 기계공학에 비해 중요성이 떨어지는 분야였다. 1872년 설립된 전신엔지니어 협회는 비슷한 종류의 기관들 가운데 가장 작고 가장 늦게 생긴 학회였다. 그 출발이 늦었기 때문에 전신공학에서는 작업장의 전통이 상대적으로 약했으며, 토목공학이나 기계공학에 비해 볼 때 전신공학은 과학과 좀더 긴밀히 연결되어 있었다. 윌리엄 톰슨의 해저전선에 대한 기여나 제임스 클러크 맥스웰의 영국 단위저항의 측정은 전신 엔지니어들 사이에서 높이 평가되고 있었다.

그러나 전신공학 내에서도 과학이론의 지위는 계속해서 바뀌고 또 재해석되고 있었다. 선구적인 전신엔지니어였으며 이후에 맥스웰주의 이론가(Maxwellian theorist)인 올리버 헤비사이드(Oliver Heaviside)와 격렬한 논쟁을 벌인 윌리엄 프리스(William Preece)는 이미 1872년에 과학이 주는 이득에 대해 언급하였다. 프리스는 화학, 수학, 전기학, 자기학 등이 전신기사들에게 유용한 것은 그 내용을 전신에 적용할 수 있기 때문이 아니라, 이러한 과목들이 엔지니어들에게 “사실로부터 올바른 추론을 끌어내도록” 훈련시켜주기 때문이라고 간주했다. 젠킨이 그랬듯이, 과학과 수학은 실제적인 이유에서가 아니라 정신적인 훈련을 위해 유용했던 것이다. 그러므로 이론이 중요하다는 사실이 자동적으로 이론이 실습(practice)보다 더 중요하다거나 실습만큼 중요하다는 결론으로 이어지는 것은 아니었다. 프리스 자신은 “이론을 겸비한 1온스의 실습은 이론이 없는 1톤의 실습과 같은 가치가 있지만, 1온스의 실습은 1톤의 이론만한 가치가 있다”는 오래된 경구를 믿고 있었다. 영국의 성공한 엔지

Health Exhibition, London, 1884), *Papers*, pp. 183-190, on p. 188.

니어들 중 아무도 학교교육을 받은 사람이 없으므로 실습의 중요성은 의심의 여지가 없다고 프리스는 생각했던 것이다.⁴⁷⁾

1870년대에는 몇몇 전신학교들이 운영되고 있었다. 예를 들어 이스턴 전신회사와 연계된 포스커노우(Porthcurnow)의 전신학교는 소년들에게 9개월간의 교육과정을 제공했다. 교육은 신호를 보내고 받는 조작기술, 오류를 찾는 기술, 실험실에서 전선을 시험하는 것, 그리고 불타전기와 전자기학과 화학에 대한 강좌 등으로 이루어졌다. 또한 현장실습은 학교와 펜잔스 사이의 이스턴 전신회사 전신선을 사용해서 실험실 교육을 보충하였다.⁴⁸⁾ 더 유명한 학교는 런던 하노버 광장에 1866년 설립된 해저전신학교였다. 광고에 따르면 이 학교는 이론과 실제 교육에서 다음의 과정들을 제공했다.

수학
전신과 관련된 역학
화학
신호를 보내는 기구와 테스트 기구
엔지니어링 공식과 그것의 실제적인 응용

정전기학
전기역학
자기학
전선의 전기적인 상태를 시험하는 방법
오류를 찾아내는 시험⁴⁹⁾

이 광고는 이론과 실제의 결합을 뚜렷하게 강조하고 있는데, 수업은 “장거리 전신에 쓰는 실제 기구를 사용하고 600에서 3000노트에 이르는 다양한 길이의 전선을 이용함으로써 이스턴, 아틀란틱, 브라질리안 회사에서 쓰는 신호가 정확하게 재현될 수 있도록” 하고 있었다.⁵⁰⁾ 여기서 보듯이 실제 (장거리) 전신선을 이용하는 실습이 전신기사의 훈련에 필수적인 요소로 인식되었다. 그것은 전신회사에서 운영하는 전신학교에서는 쉽게 이루어질 수 있었지만 칼리지의 통상적인 물리학 실험실에서는 어려운 일이었다. 이것이 바로 전신기사들이 전신업무의 실체가 칼리지에서 재현되기 어렵다고 생각한 이유였다. 이 점에 대해 유명한 전신 엔지니어 겸 사업가였던 웨버

47) William H. Preece, “On the Advantages of Scientific Education. A Lecture Addressed to the Telegraph Staff,” *Journal of the Society of Telegraph Engineers* 1 (1872), pp. 266-276, on p. 267.

48) [W.H.A.] “The School of Telegraphy at the Eastern Telegraph Company's Station, Porthcurnow,, Penzance,” *The Electrician* 4 (14 Feb. 1880), pp. 152-153.

49) “The School of Submarine Telegraphy & of Telephony,” *The Electrician* 6 (16 Apr. 1881), p. 283.

50) Ibid.

(C. E. Webber)는 다음과 같이 언급했다.

전신공학에 있어서는 꾸준히 스스로의 손으로 작업을 하고, 숨은 어려움들을 익숙함에서 오는 정확함과 신속함으로 대처하고 극복해낸 사람들만이 오랜 경험과 훌륭한 훈련의 필요성을 이해할 수 있다. 기술교육을 받은 사람들은 실제 업무의 현실과 그가 다루는 대상의 복잡함에 너무나 무지해서 그와 같은 어려움 속에 빠지게 되면 무너지고 말 것이며 심지어는 그런 난관을 포착하지도 못할 것이다.⁵¹⁾

당시 일부 물리학 실험실들은 전신에의 응용을 염두에 두고 실용적인 전기학과 자기학을 가르치고 있었다. UCL의 캐리 포스터(G. Carey Foster)의 물리학 실험실, 런던 킹스 칼리지의 윌리엄 아담스(William Adams)의 물리학 실험실, 윌리엄 톰슨의 글래스고 실험실은 전류, 전압, 저항의 측정뿐만 아니라 전신과 관련된 전기와 자기의 과학적인 원리들을 가르쳤다. 하지만 그와 같은 교육은 짧고 불규칙적일 뿐만 아니라 불충분했는데, 그 한 가지 이유는 학생들이 이런 실험실에서는 실제로 긴 전신선에서 오류가 생긴 부분을 찾아내는 방법을 배우지 못했다는 데에 있었다. 물리학 실험실들은 실제 세계의 전신의 상황을 재현하는 데에 한계를 지니고 있었던 것이다. 바로 이런 이유로, 윌리엄 에이튼이 핀스베리 기술 칼리지에서 전신기술자와 전신수들에게 전기와 자기를 가르치기 시작했을 때, 『일렉트릭션』(*Electrician*)지는 그것이 제대로 되기 위해서는 실험실이 실제 세계의 엔지니어링 조건을 반복할 수 있는 고가의 “인공적인 전신선”을 갖추어야 한다고 강하게 권고했던 것이다.⁵²⁾

1870년대 말엽부터 전력공학과 전화와 같은 새로운 전기 분야들이 점차 중요해지고 흥미로워지자, 전신 엔지니어 협회는 그 이름을 전신 엔지니어와 전기기사 협회(Society of Telegraph Engineers and Electricians)로 바꾸었다. “전기기사”(electrician)란 새롭게 부상하던 전기 엔지니어를 의미했다. 1882년 1월 협회의 새 회장인 웨버는 협회가 가진 이질성의 문제를 꼬집어냈다. 그는 자신의 경험을 토대로 협회가 “전신 사무소나 과학 작업장의 작업자들”과 “실험실의 과학자, 생산자, 엔지니어”와 “철도, 바다, 전쟁터나 전화 사무소에서 경험을 쌓은 사람들”로 이루어졌다고 분석했다.⁵³⁾ 1880년대 영국의 전기공학 커뮤니티는 여러 개의 서로 다른 그룹으로 구성되어 있었으나 그들은 대체로 훈련방식에 따라 두 가지 다른 유형으로 분류될 수 있었다. (과거의 전신 엔지니어를 포함하여) 기계작업장과 현장에서 교육

51) Lieut.-Colonel C. E. Webber, “Inaugural Address,” *Journal of the Society of Telegraph Engineers and Electricians* 11 (1882), pp. 3-31, on p. 28.

52) “Telegraph Education,” *Electrician* 1 (1878), p. 284. 핀스베리 기술 칼리지에서 에이튼의 실험실 교육에 대한 상세한 분석으로는 Graeme Gooday, “Teaching Telegraphy and Electrotechnics in the Physics Laboratory: William Ayrton and the Creation of an Academic Space for Electrical Engineering in Britain, 1873-1884,” *History and Technology* 13 (1991), pp. 73-111를 참조.

53) Webber, “Inaugural Address,” pp. 3-31, on p. 11.

을 받은 “현장 엔지니어”(practicing engineer)와 칼리지를 졸업하고 대학 실험실에서 교육을 받은 “과학자-엔지니어”(scientist-engineer)가 그들이다.⁵⁴⁾ 전자에 속하는 사람들로는 루키스 크롬프턴(Rookes E. B. Crompton), 기스버트 캡(Gisbert Kapp), 제임스 스윈번(James Swinburne), 세바스찬 드페란티(Sebastian Z. de Ferranti)가 있었다. 캡과 스윈번은 첰스포드에 있는 크롬프턴의 작업장에서 도제생활을 했다. 후자의 부류에는 UCL의 존 암브로스 플레밍(John Ambrose Fleming), 센트럴 기술대학교의 윌리엄 에이튼, 핀스베리 칼리지의 존 페리와 실바누스 톰슨, (1892년 이후) 런던 킹스 칼리지의 존 홉킨슨(John Hopkinson), (1891년 이후) 캠브리지 대학의 제임스 유잉 등이 있었다. 이들 칼리지와 대학 외에도 1880년대 중반 무렵에 운영되고 있었던 조금 규모가 작은 학교들이 여럿 있었는데 런던폴리테크닉 청년학교, 브래드포드(Bradford) 기술 칼리지, 글래스고의 과학과 기술 칼리지, 실제적 엔지니어링을 위한 수정궁 회사의 학교(Crystal Palace Company's School of Practical Engineering), (저녁 강좌를 여는) 런던시 대학, 던디(Dundee)의 유니버시티 칼리지, 런던의 해먼드 회사 전기공학 칼리지(The Hammond Company Electrical Engineering College, London) 등이 그것들이었다. 브리스톨의 유니버시티 칼리지, 사우스 웨일즈 카디프의 유니버시티 칼리지, 아일랜드의 로얄 칼리지, 리즈의 요크셔 칼리지, 리버풀의 유니버시티 칼리지의 물리학과들도 전기공학의 강의와 실험실 교육을 제공했다.⁵⁵⁾

그렇지만 전기공학자들 중에서도 작업장에서 훈련을 받은 유명한 엔지니어들은 전기공학을 기계공학의 한 분과로 생각했으며 대학교육은 기껏해야 작업장 교육을 위한 준비단계 정도로 생각했다. 윌리엄 지멘스는 1883년에 친구 크로더(C. Crowther)에게 쓴 편지에서 이와 같은 관점을 명확하게 표현한 바 있다.

친애하는 크로더씨,
스코틀랜드를 여행하는 중에 전기엔지니어가 되려한다는 당신 친구의 아들에 대한 편지를 받았습시다. 나의 한결같은 조언은 전기공학은 기계공학의 고급분야이기 때문에 그런 젊은이는 먼저 기계엔지니어의 자질을 갖추어야 한다는 것입니다. 그러기 위해서 그는 자연과학

54) Rollo Appleyard, *The History of the Institution of Electrical Engineers, 1871-1931* (London: Institution of Electrical Engineers, 1937); Rookes Evelyn B. Crompton et. al., “Proceedings at Commemoration Meeting of 1922: Reminiscences and Experiences of Electrical Engineering in Both of its Technical and Legislative Aspects,” *Journal of the Institution of Electrical Engineers* 60 (1922), pp. 392-499.

55) D. W. Jordan은 이들 “과학자-엔지니어”들을 “middle men”으로 규정했다. D. W. Jordan, “The Cry for Useless Knowledge: Education for a New Victorian Technology,” *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers* 132 part A (1985), pp. 587-601. 1880년대 중반에 전기공학 수업을 제공했던 칼리지와 대학에 대해서는 [Editorial] “The Coming Educational Campaign,” *Electrician* 13 (13 Sep. 1884), pp. 414-415; “Electricity Classes,” *Electrical Review* 15 (1884), pp. 192-193, 211-212, 232-233 를 볼 것.

과 기계공학이 교육과정에 포함되어 있는 킹스 칼리지나 다른 칼리지들의 수업을 들은 후에 설계사무소나 기계엔지니어의 작업장에 들어가야 합니다.⁵⁶⁾

크롬프턴, 캡, 스윈번과 같은 다른 엔지니어들도 전기공학이 본질적으로 기계공학이며 따라서 작업장에서 가장 잘 교육될 수 있다는 견해를 공유하고 있었다. 이들에게 맥스웰의 전자기학이나 실험실에서의 실험은 주변적인 것이었다. 스윈번은 다음과 같이 강조하여 말하였다. “전기산업이 발달함에 따라 전기공학의 모든 부문에서 사용되는 방법들은 과학실험실에서 쓰이는 방법으로부터 점점 더 멀어진다. 전기에너지의 상업적 이용에서 지난 10년간 이루어진 가장 큰 발전의 특징은 전기공학이 실험물리학자의 활동에서 멀어지고 기계 엔지니어의 활동에 가까워진 것이라고 할 수 있다.”⁵⁷⁾

대학교육을 받은 과학자-엔지니어들은 전기공학이 기계공학의 한 분과라는 지멘스나 스윈번과 생각을 달리 했다. 대신에 그들은 전기공학이 주로 전기와 자기의 과학(물리학)에다 약간의 기계공학을 추가한 것이라고 생각했다. 1890년대 초반까지 전력공학에서는 규모(scale)의 문제가 중요하지 않았는데, 이는 곧 실험실에서 기계를 다루는 것이 실제 현장에서의 실천과 크게 다르지 않았다는 것을 의미했다. 칼리지의 실험실에서 엔지니어링 학생이 다루는 발전기는 작업장에서 쓰이는 것과 거의 같은 것이었다. 더구나 보통 큰 수치의 안전계수(safety factor)가 관련되는 토목공학이나 기계공학과 비교할 때 전기공학에서는 이론적인 예측과 실제 결과 사이의 차이가 상대적으로 작았으며, 따라서 이론이 기여할 여지가 상대적으로 컸다.⁵⁸⁾

그럼에도 불구하고 “과학자-엔지니어”들은 대학교육이 그 자체로 완전하다거나 작업장 교육에 비해서 우수하다고 주장하지는 않았다. 그들은 본래 이론(곧 칼리지의 수업과 실험실 교육)과 실습(곧 작업장 교육)이 “남편과 아내처럼 상호보완적”이라는 오랜 금언을 되풀이했다. 존 페리와 윌리엄 에이튼은 다른 누구보다 더 엔지니어와 장인에게 과학이론을 가르칠 것을 강조하면서, 칼리지의 엔지니어링 학생들이 실험실에서의 실험을 통해 현상의 원인을 찾는 법을 배울 수 있고 측정을 통해 그 원인의 크기를 정확히 산정할 수 있다고 주장한 사람들이었다.⁵⁹⁾ 하지만 에이튼과 페리

56) William Siemens to C. Crowther (10 Oct. 1883) IEE SC Mss 40, London, England. 이 편지는 지멘스의 친구인 크로더의 친구의 아들이 전기공학을 직업으로 삼으려고 계획하고 있다는 것에 대한 지멘스의 답장이었다.

57) J. Swinburne, “Electrical Measuring Instruments,” *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 110 (1892), pp. 1-32, on p. 1.

58) [Editorial], “The Theory and Practice of Electrical Engineering,” *The Electrician* 25 (11 July 1890), pp. 256-257.

59) 에이튼과 페리의 엔지니어링 교육의 원칙은 “Some Remarks on the Technical Education of an Electrical Engineer,” *Journal of the Society of Telegraph Engineers and Electricians* 11 (1882), pp. 389-398에 가장 간결하게 표현되어 있다.

는 또한 칼리지의 교실, 실험실, 제도실에서 행해지는 이상적인 엔지니어링 교육은 학생들이 작업장에 들어갈 때에 그들을 “보통보다 훨씬 짧은 시간에 전문기술자”로 만들어 주는 기능을 담당하는 것이라는 점을 명백하게 했다. 다른 말로 하면 작업장 교육은 없어서는 안 될 것이었다. 1882년 페리는 학생들이 칼리지 교육을 끝낸 이후에 “공장에서 손과 눈을 훈련시켜야” 한다고 썼으며, 에이튼은 “도제가 자신의 일을 배울 수 있는 것은 오직 실제 작업장에서이다. 도제들이 영국 기술자의 특징인 손재주를 배울 수 있는 것은 도제에 비해 충분한 수의 기술자가 있는 곳뿐이다.”라고 하면서 칼리지의 엔지니어링 실험실의 기능을 제한했다.⁶⁰⁾

작업장 경험에 대한 존중은 1890년대에도 변하지 않았다. 『일렉트리션』지는 1890년의 한 감동적인 사설에서 이상적인 전기엔지니어는 “엔지니어”인 동시에 “전기기사”여야 한다고 주장했다. 이상적인 엔지니어는 우선 기계와 토목공학 원리와 제도에 능한 엔지니어여야 하지만 그는 또한 실제적인 전기학, 화학, 전기제조의 지식을 가진 전기기사여야만 했다. 이와 같은 이상적인 엔지니어를 훈련시키기 위해서는 “이중교육”이 절대적으로 필요하며, 이런 이유로 인해 대학교육이건 작업장 교육이건 하나 만으로는 충분하지 않다고 『일렉트리션』지는 주장했다. 『일렉트리션』의 진단은 다소 길게 인용할 만하다.

이런 점에서 칼리지 교육은 본질적으로 불완전하다. 실험실과 작업장의 기기가 아무리 완전하다고 해도, 또 그들을 관리하는 교사가 아무리 경험이 많다고 하더라도 거기서 행해지는 작업은 상업적인 환경에서 이루어지지 않으며 공장과 같은 조직 아래에서 행해지지도 않는다. 칼리지 교육에는 상업적인 사업의 자극이 결여되어 있으며 또 그해야만 한다. 가장 바람직한 교육은 두 가지 방법의 장점을 결합하는 것으로서, 작업장 도제 기간을 이삼년으로 줄이고 특별히 잘 조직된 학과가 있는 칼리지들의 전기 실험실에서의 특별 교육 이년을 추가하는 것이 좋다.⁶¹⁾

이런 태도는 과학자-엔지니어들이 보편적으로 공유한 것이었다. 캠브리지의 제임스 유윙은 대학 엔지니어링의 목적이 “도제제도를 대신하는 것이 아니라 그것을 보충하고 단축하기 위해” 순수 및 응용과학을 교육하는 것이라고 간결하게 말했다.⁶²⁾ 1892년 전기엔지니어 협회에서 행한 회장 연설에서 에이튼은 또한 칼리지와 작업장의 보충적인 관계를 강조했다.

기술 칼리지에서 우수한 성적을 낸 학생은 공장에서의 교육이 없어도 된다고 생각하는 것보다 더 큰 실수는 없다. 공장에서의 교육이 현대적인 엔지니어링 학교의 교육과 동등하거나 더 낮다고 생각하는 것도 마찬가지로이다.⁶³⁾

60) Perry, “Technical Physics,” pp. 172-173. 에이튼의 논평은 Gooday, “Teaching Telegraphy and Electrotechnics,” on p. 96에서 재인용.

61) [Editorial], “Training for the Electrical Industry,” *Electrician* 24 (31 Jan. 1890), pp. 318-319.

62) Ewing, “University Training of Engineers,” on p. 676.

런던 유니버시티 칼리지(UCL)에 있던 플레밍의 전기 실험실은 1890년대 초반에 외부의 지원을 받아서 크게 확장되었다. 새 실험실이 문을 열었을 때 플레밍은 “이 학과에서 행해지는 교육은 작업장이나 공장에서만 올바르게 얻어지는 실제적인 교육을 대체하기 위한 것이 아니라는 점을 분명히 이해해야 한다”고 말했다. 왜냐하면 “엔지니어링 학생의 교육은 실험실에서의 과학 및 기술교육과 작업장이나 제도실에서의 실제 경험의 결합에 의해서만 가장 잘 행해질 수 있기 때문”이었다. 실험실에서 과학이론과 실험을 가르치는 것은 전문적인 도제생활을 거칠 사람들에게 최고의 가치를 발휘할 수 있는 것이었다. 런던 유니버시티 칼리지(UCL)에 실험실의 팽창에 대해 서술하면서 『인더스트리』(Industries)지 또한 “엔지니어를 위한 가장 철저한 교육시스템은 훌륭한 칼리지 과정과 작업장 및 공장에서의 실제 교육이 결합된 것이다”라고 못박았다.⁶⁴⁾

글래스고 기술 칼리지에서 물리와 전기공학을 가르쳤던 앤드류 제미슨(Andrew Jamieson)은 1893년 시카고 박람회에서 전기공학 실험실의 독특한 이점에 대해 발표했다. 그가 말한 이점들은 다음과 같았다. 1) 전기공학 실험실이 보통 가장 최신의 정밀한 기구를 갖추고 있다. 2) 실험실에서의 다양한 전기회로의 조작과 시험은 강의와 동반하여 이루어진다. 3) 엔진, 보일러, 발전기, 배터리, 램프, 변압기, 모터 등을 쉽게 접할 수 있고 이런 설비들이 잘 갖추어져 있다. 4) 최신의 과학이론이 새로운 설계를 위해 사용된다. 그러한 이점들에도 불구하고 그는 만약 학생이 칼리지 교육에만 전적으로 의존한다면 “상업적인 환경 하”에서의 재료, 도구, 사람에 대한 필수적인 지식이 결여될 것이라고 경고했다. 그러므로 제미슨은 “[학생은] 훌륭한 기계공학이나 전기공학 작업장에서의 도제 제도를 통해 자신의 칼리지 교육을 결합하고 보충하거나 준비해야 한다”고 결론지었다.⁶⁵⁾ 이것이 영국만의 독특한 시스템이라는 사실은 한 미국 엔지니어의 말을 통해서 확인할 수 있는데, 그는 제미슨에게 “도제제도와 칼리지 교육의 결합” 대신에 미국의 기술 칼리지들은 도제제도를 기술 학교 교육의 일부로 포함하고 있다고 (즉 칼리지가 기술 교육의 전부를 관장한다고) 알려주었다.⁶⁶⁾

1890년대 초에 영국의 전기 엔지니어인 서섬(A. D. Southam)은 영국 내의 전기공학 교육기관에 대한 광범위한 조사를 실시했다. 그는 그 결과를 1892년에 『직업으로서의 전기공학과 그것에 입문하는 법』이라는 제목의 작은 책자로 출판했다.⁶⁷⁾ 서론

63) W. E. Ayrton, “Electrotechnics,” *Journal of the Institution of Electrical Engineers* (1892), pp. 5-40, on p. 16.

64) J. A. Fleming and T. Hudson Bear, “Scope and Methods of Teaching to be Carried Out at the Above-Described Laboratories and Lecture Rooms,” *Engineering* 55 (26 May 1893), p. 732; “Laboratory Practice in Engineering Education,” *Industries* 14 (2 June 1898), p. 518.

65) Andrew Jamieson, “London Electrical Engineering Laboratories,” *Proceedings of the International Electrical Congress held in Chicago 1893* (NY: AIEE, 1894), pp. 220-230.

66) A. C. Longden, “Discussion,” (on Jamieson), *ibid.*, p. 231.

67) A. D. Southam, *Electrical Engineering as a Profession and How to Enter It* (London: Whittaker & Co., 1892).

에서 그는 그 직업으로 들어갈 수 있는 세 가지 방법을 논했다. 그에 따르면 젊은이는 다음 중 한 가지를 택할 수 있었다.

- 1) (전기나 다른 분야의) 제조회사나 엔지니어들의 도제 생활을 한다.
- 2) 기술 교육기관의 과정을 이수한다.
- 3) 두 가지를 결합한다.

그리고 서섬은 앞의 두 방법의 장점과 단점에 대해 논했다. 도제 시스템 하에서는 젊은이가 엔지니어링의 이론을 거의 배울 수가 없다는 단점이 있고, 기술 교육기관에서는 실제 엔지니어링 작업이 행해지는 상업적인 환경을 재현할 수가 없다는 단점이 있었다. 가장 좋은 방법은 기술교육기관이나 칼리지에서 엔지니어링 수업을 들은 후 엔지니어링 회사나 작업장에 고용됨으로써 두 가지를 결합하는 것이었다.⁶⁸⁾

19세기 말이 되면 칼리지 교육과 작업장 전통의 결합은 매우 견고하게 자리를 잡아서 『일렉트리션』의 사설은 “더욱 중요한 문제는 그것들[실험실과 작업장]이 미래에 서로를 더 잘 보조할 수 있도록 만들 수 없는가라는 질문이다”라고 언급했다. 같은 기사에서 『일렉트리션』은 전기 엔지니어 협회와 같은 전문협회들이 학문적인 연구와 산업의 실용적인 요구 사이의 중재자 역할을 할 것을 제안했다.⁶⁹⁾ 이렇게 해서 정착한 기술 칼리지 교육과 작업장(workshop) 훈련을 상호 보완적으로 결합하는 영국 엔지니어링의 전통은 20세기에 들어와서도 적어도 20-30년 동안 영국 엔지니어들을 위한 이상적인 교육으로 간주되었다.

5. 결 론

과학이론, 실험실에서의 실험, 그리고 약간의 제도(製圖) 실습 및 작업장 실습이 결합된 칼리지의 엔지니어링 교육은 왜 영국에서 도제식 작업장과 공장에서의 실제적인 교육을 대체하는 데에 실패했는가? 여기에는 몇 가지 이유가 있다. 무엇보다 영국의 도제 제도는 토목공학과 기계공학에서 매우 성공적이고 잘 확립된 전통이었으며 전기공학 분야에서도 역시 효과적이었다. 두 번째로, 어떤 면에서 보자면 작업장에서 교육을 받은 엔지니어들이 변화하는 환경에 잘 대응했다고 볼 수 있다. 19세기 후반부터는 토목공학 프로젝트뿐만 아니라 기계도 훨씬 복잡하고 다루기 벅차게 되었으며 과학이론과 체계적인 실험에 바탕을 둔 일련의 복잡한 분석을 필요로 하게 되었다. 마찬가지로 변화가 1890년대 고전압 교류의 도입 이후 전기공학에서도 일

68) Ibid., pp. 13-15.

69) [Editorial], “Laboratory and Workshop,” *Electrician* 43 (5 May 1899), pp. 50-52.

어났다. 현장의 엔지니어들은 과학자-엔지니어들과 상호작용하고, 과학적인 결과들을 받아들이고, 그들 스스로의 이론을 고안해내고, 작업장이나 공장에서 실험을 수행하는 등의 노력을 통해 이와 같은 도전에 자신들을 적응시켜 나갔다.⁷⁰⁾ 마지막으로, 과학자-엔지니어들은 엔지니어링 학생들이 칼리지에서 모든 것을 교육받아야 한다는 생각에 전적으로 집착하지 않았다. 그들은 “실제적인 환경”과 “대규모 실험”이 작업장, 사무소, 공장, 현장에서만 가능하다는 사실을 의심하지 않았다. 그들 중 아무도 기술 칼리지가 현실적이고 상업적인 훈련을 위한 준비기관이라는 당시의 지배적인 생각에 진지하게 도전하지 않았다.⁷¹⁾

물론 “실제적인 사람들”과 “주먹구구식” 방법에 대한 비판은 19세기 후반에 계속해서 제기되었다. 1850년대 초부터 리온 플레이페어는 장인들의 “주먹구구식” 방법을 비판하였으며 1860년대의 헉슬리도 그랬다. 1872년에 영국과학진흥협회 기계분과의 회장이며 그 자신이 작업장에서 도제로 교육을 받은 프레데릭 브람웰(Frederick J. Bramwell)은 영국 엔지니어링의 “실제적인 사람들”을 언제나 엔지니어링 발전을 가로막는 “귀신”이라고 비판했다.⁷²⁾ 도제 제도 내에서 과학교육의 심각한 부족을 비판하면서 실바누스 톰슨은 1879년에 “적당히 아무렇게나 교육을 받고서 경험적인 지식들의 환상적인 조각들로 무장되어 있으며 주먹구구식 방법에 휩싸인 영국의 숙련된 산업은, 지적인 무기를 갖추고 단단한 과학으로 둘러싸인 정예 노동자들을 진출시키고 있는 다른 국가들의 산업 앞에 운이 다했다”라고 경고하였다. 1886년에 플레밍은 전기엔지니어들을 교류의 효과를 이해하는 “자기유도(self-induction)의 사람들”과 낮은 수준의 사고를 하고 “옴(ohm)과 볼트로 가득 찬 계곡”에 사는 실제적인 “옴의 사람들”로 분류하면서 실제적 일에 종사하는 엔지니어들을 비판했다. 이러한 비판은 1890년대에도 계속되었다.⁷³⁾ 그러나 도제 제도와 작업장은 그러한 비판을 견디고 살아남았으며, 나는 이미 그 몇 가지 이유를 제시하였다.

1903년에 토목 엔지니어 협회가 주관한 세 번째 엔지니어링 회의에서 글래스고 대학 교수 코맥(John Dewar Cormack)은 엔지니어를 교육하는 일곱 가지 시스템을 제시했다.

70) “실제적인 기술자”들의 이론적 지식에 대해서는 Sungook Hong, “Forging Scientific Electrical Engineering: John Ambrose Fleming and the Ferranti Effect,” *Iis* 86 (1995), pp. 30-51; idem., “Efficiency and Authority in the ‘Open vs. Closed’ Transformer Controversy,” *Annals of Science* 52 (1995), pp. 49-76.

71) 이 논문의 4절을 보라.

72) Frederick J. Bramwell, “Presidential Address,” (Mechanical Science Section) *Report of the British Association for the Advancement of Science* (1872), pp. 227-241.

73) Thompson, “Apprenticeship: Scientific and Unscientific,” on p. 42; John Ambrose Fleming, “Discussion,” of Hughes’ “Inaugural Address,” (Presidential Address of the STEE in 1886), *Journal of the Society of Telegraph Engineers and Electricians* 15 (1886), p. 65.

- 1) 작업장만의 교육
- 2) 칼리지만의 교육
- 3) 작업장 다음에 칼리지
- 4) 칼리지 다음에 작업장
- 5) 간헐적 시스템 (작업장-칼리지-작업장 또는 칼리지-작업장-칼리지 과정을 거침)
- 6) 샌드위치 시스템 (작업장 6개월과 칼리지 6개월을 반복)
- 7) 동시 시스템 (낮에는 작업장, 저녁에는 칼리지를 반복)⁷⁴⁾

코맥의 발표에 대한 토론을 하면서 유명한 조선업자이며 작업장 도제 생활을 했던 알프레드 애로우(Alfred Yarrow)는 “실제적인 훈련은 칼리지의 작업장이 아니라 상업적인 환경의 작업장에서 습득되어야만 한다”고 말하는 것을 잊지 않았다. 그는 샌드위치 시스템을 선호했는데, 이는 존 홉킨슨의 아들이면서 캠브리지 대학의 엔지니어링 교수였던 버트램 홉킨슨(Bertram Hopkinson)도 마찬가지였다. 하지만 다양한 이유에서 샌드위치 시스템을 반대하고 간헐적 시스템이나 칼리지-작업장 시스템을 선호하는 사람들도 있었다. 그러나 참가자들 중 누구도 “칼리지만의 교육”만으로 충분하다고 말하는 사람은 없었다. 윌리엄 에이튼이 아마도 칼리지 교육을 강조한 유일한 참가자였을 것이다. 그는 “이상적인 시스템은 칼리지가 작업장에 부속되어 있는 것이겠지만, 이는 예외적인 경우에만 가능한 일 이므로, 칼리지는 최대한 공장을 모방해야 한다”고 언급했다.⁷⁵⁾

비슷한 시기에 에어튼의 가까운 친구인 존 페리는 영국의 전기공학과 산업이 독일이나 미국에 뒤지고 있다는 점을 인식하기 시작했다. 페리는 외국의 기계들이 갑자기 “우리에게는 매우 낯설다”고 한탄했다. 그는 “영국의 방식에 큰 변화가 절대적으로 필요하다”고 강하게 느꼈지만, “오래된 방식을 유지하고 싶어하는 사람들이 너무 많기” 때문에 그것이 쉽지만은 않을 것이라는 점을 알고 있었다.⁷⁶⁾ 영국의 엔지니어링은 “작업장”과 “도제 시스템”이라는 과거의 성공과 영광스러운 전통에 발목이 잡혀 쇠퇴하였던 것이다.

74) John Dewar Cormack, “Apprenticeship in Engineering Training,” *Electrician* 51 (26 June 1903), pp. 413-415.

75) “Discussions,” of Cormack, *ibid.*, pp. 414-415.

76) John Perry, “Inaugural Address,” (Presidential Address at the Institution of Electrical Engineers) *Journal of the Institution of Electrical Engineers* 29 (1900-1901), pp. 43-69, on pp. 55-56.