

발 표 요 지

1988

第31回 全國歷史學大會
科學史部會

1988. 5. 22

제임즈 클러 맥스웰과 캐번디시
연구소(1871—79)

하버드대 대학원 김 동 원

케임브리지대학의 캐번디시연구소(Cavendish Laboratory at the University of Cambridge)는 과학사학자들에게 흥미로운 연구과제이다. 100여년에 걸친 역사 속에 캐번디시연구소는 30여명의 노벨상 수상자들을 배출해 냈으며 그 중 5명——Lord Rayleigh, J.J. Thomson, E. Rutherford, W.L. Bragg, N.F. Mott——이 캐번디시교수직을 맡았다. 1897년 Thomson의 전자 발견은 캐번디시연구소에서 있었던 중요한 과학적 업적들의 긴 목록의 시작에 불과했다. 많은 젊고 유능한 학자들이 세계 곳곳에서 이곳으로 몰려왔으며, 그들은 이 유명한 교수들의 지도와 연구소 자체의 독특한 분위기 속에서 한 사람의 과학자로 성장할 수 있었던 것이다. 20세기 첫 40년 동안 캐번디시연구소는 명실상부한 실험과학의 메카였으며 그 영향력은, 정당한 역사적 평가가 내려진다면, 매우 깊고 광범위한

것이었음에 틀림없다.

캐번디시연구소와 실험물리학 교수직(Professorship of Experimental Physics : 캐번디시연구소는 이 교수직을 위해서 설립되었음)의 창설은 19세기 중엽부터 계속된 케임브리지대학의 변화하는 기류의 산물이었다. 수세기 동안 잉글랜드 과학자 양성의 주공급원이었던 유명한 수학 트라이포스(Mathematical Tripos)는 급격한 물리학에서의 변화에도 불구하고 1848년 이후 거의 그 내용상의 변화를 겪지 않았다. 수학 트라이포스는 동역학, 천문학, 유체정역학, 광학, 그리고 기초적인 유체동역학과 음향학만을 포함하고 있었을 뿐, 열, 전기, 자기, 탄성체와 진동에 관한 이론, 고등유체동역학 등은 시험에서 제외하였다. 이러한 경직성은 사려깊은 소수의 과학자들로 하여금, 케임브리지대학이 과학교육의 중심지로서의 몫을 유지하기 위해서는 후자에 속한 분야들이 수학 트라이포스에 반드시 포함되어야 한다고 주장하게 만들었고, 이들의 주장은 1850년에 조직된 왕립위원회의 보고서에 의해서 뒷받침되었다. 이 보고서는 “자연과학의 다른 중요한 분야들이 공평하게 주목받지 못하거나, 케임브리지에 수학이나 고전교육에서와 같이 물리학과 실험과학에 있어서도 중요한 중심지가 되지 못할 이유가 없다”고 주장하며 후자의 도입을 추천하였다. 마침내 안팎으로 점증하는 압력에 의하여 이들 새로운 분야는 1868년에 승인되고 1873년부터 시행된 시험계획안에 첨가되었다.

하지만 케임브리지대학은 실험물리학이라고 불리워지는 이들 분야를 가르칠 아무런 제도적 장치를 갖추고 있지 못했다. 이를 위해서 1868년 11월 “학생들에게 물리학, 특히 열, 전기,

자기 등을 가르치는 최선의 방도와, 이 목적을 위한 부속물들을 공급하는 방법을 연구하는” 한 위원회가 구성되었는데, 이 위원회는 그 다음해에 제출한 보고서에서 새로운 교수직의 창설과 연구소 및 그에 따르는 기구들을 공급하도록 제안하였다. 교수직의 필요성은 주로 수학 트라이포스 수험생들에게 많은 양의 부수적인 훈련을 더한다는 관점에서 강조되었고, 교수들은 그밖에도 자연과학 트라이포스(Natural Science Tripos) 수험생들과 기초실험을 치루려는 의대생들에게 실험물리학을 가르치도록 되어 있었다.

여기서 주목할 점은 교수의 주된 몫이 연구자(researcher)가 아니고 강의자(teacher)로 기술되었다는 사실인데, 이것은 교수에게 부과된 과중한 수업량(매년 적어도 40개의 강의를 하도록 규정되었음)에서 잘 나타나고 있다. 다시 말해서 잉글랜드에서는 1860년대 말에 있어서도 여전히 과학연구를 교수의 개인적인 일로 간주하고 공적인 임무로 여기지 않았던 것이다.

한편 연구소와 그에 필요한 기구들을 공급하려는 위원회의 노력은 콜리지(College)들의 비협조 때문에 난관에 부딪치고 있었다. 경제적으로 부유한 콜리지들이 그들의 재원을 가난한 대학(University)당국에 나누어 주기 꺼린다는 사실은 오랫동안 잘 알려져 왔다. 모든 계획을 수포로 만들 수 있었던 이 경제적 난관은 연구소 건립과 그밖의 모든 비용을 부담하겠다는 Devonshire 공작(당시 케임브리지대학 총장)의 관대한 제의에 의해서 가까스로 극복될 수 있었다. 공작이 기부한 6,300라는 당시로서는 어마어마한 금액은 장래의 연구소가 이전에 교수들이 가지고 있었던 개인 실험실들과는 근본적으로 다를 것임을 암시하고 있었다. 확실히 이것은 대학 소유의 대규모 물리학연구소의 시작이라는 점에서 새로운 것이었는데, 10년 후에 있었던 하버드대학의 제퍼슨연구소(Jefferson Physical Laboratory : 미국 최초의 대규모 물리연구소) 설립도 이러한 새로운 조류의 한 결과로 보인다. 1870년 11월 28일 대학평의원회는 마침내 실험물리학 교수직의 창설을 공식적으로 제안했고 이 제안은 다음해 2월에 인가되었다.

이제 남은 문제는 누가 교수로 임명되는가 하는 것이었다. 먼저 당시 가장 널리 알려져 있었던 William Thomson의 이름이 거론되었다. 하지만 그가 자신의 개인적 형편에 맞게 조직된 대학실험실과 또한 번창하는 개인적 사업이 있는 글라스고우를 떠나서 케임브리지로 오려 하지 않으리라는 것이 곧 확실해졌다. 다음에는 H. von Helmholtz의 의사가 타진되었는데 그도 물론 베를린을 떠나려 하지 않았다. 앞의 두 시도가 실패한 후 모든 시선은 스코틀랜드의 영지로 은퇴해 있었던 James Clerk Maxwell에게 집중되었고, G.G. Stokes(당시 Lucasin Professor)와 Rayleigh 경을 비롯한 많은 사람들이 주저하는 Maxwell을 설득하였다. 원한다면 1년 후 은퇴할 수 있다는 약속 하에 그도 마침내 후보가 되기를 승낙하였고, 1871년 3월 8일 아무런 반대없이 첫 실험물리학 교수로 선출되었다.

하지만 당시에는 이 선출에 의해서 장래의 케번디시연구소가 William Thomson이나 Helmholtz보다 더 위대한 과학자를 확보하였다는 사실이 널리 인식되지 않았던 것 같다. 예를 들어서, 초기 제자인 H. Lamb의 기억에 의하면, Maxwell이 교수로 선출되었을 때 그의 이름을 아는 학생은 거의 없었으며, 단지 몇몇 학생이 한번인가 두번쯤 수학 트라이포스에서 매우 독창적인 질문을 던졌던 시험관으로 알고 있었다는 것이다.

그해 10월에 Maxwell의 취임강연이 있었다. 여기서 그는 미래의 연구소가 대학 과학활동에서 차지할 몫에 관한 그의 의도를 분명히 밝혔다. 우선 그는 실험을 「보여주는 실험」(Experiment of Illustration)과 「연구하는 실험」(Experiment of Research) 두가지로 크게 나누어 설명하는 것부터 시작했다. 전자는 “몇가지 현상들을 학생의 감각기관에 제시하여 학생이 그것들을 적합한 과학적 지식과 연관시킬 수 있게 만드는 것을 목적으로 한다.” 따라서 학생이 그 과학지식을 파악했다면 이 종류의 실험은 그 몫을 완수한 셈이다. “반면에 연구하는 실험에 있어서는 이것이 주된 목적이 아니다.…… 엄격한

의미에서 연구하는 실험에서는, 그 궁극적인 목표가 우리가 이미 알고 있는 어떤 것을 측정(measure)하는 데 있다. 즉 어떤 양의 수치(a numerical estimate of some magnitude)를 얻는 데 있는 것이다. 이 종류의 실험들——몇 종류의 측정이 관계되어 있는——이야말로 물리학 연구소에 적합한 것들이다. 모든 실험에 있어서 우리는 첫째 우리의 감각기관들을 현상들과 익숙해지도록 만들어야 한다. 그러나 여기서 중단해서는 안된다. 우리는 이들 중 어떤 특징들이 측정가능한 것들이며, 또한 어떤 측정들이 현상들을 완전히 설명하는 데 요구되는가를 발견하여야 한다. 그리고 나서 우리는 이러한 측정들을 수행하고, 그것들로부터 우리들이 발견하고자 하는 결과를 연역한다.” 더 나아가 연구소에서의 주된 작업은 “우리 자신이 모든 종류의 과학적 방법들과 익숙해지는 것이며, 그것들을 비교하고, 그것들이 가져다 준 가치를 평가하는 것이어야 한다. 나는 이것이 우리 대학에 귀중한 결과를 가져다 줄 것이며, 다른 어떤 개인실험실에서보다 바로 이곳에서 가능하다고 생각한다. 서로 다른 과학적 방법에 의한 상대적인 값(relative value)에 관한 자유롭고 충분한 토론에 의해서 비판력을 가진 한 학파를 결성하는데 우리가 성공한다면, 그래서 방법론의 발전을 지원하는데 성공한다면 말이다.”

여기서 Maxwell은 그의 연구소가 보여 주는 실험을 위한 단순한 교육실험실(teaching laboratory)이 아니라 진지한 연구중심지가 될 것임을 분명히 하고 있다. 그런데 이러한 그의 의도는 당시에 상당히 혁신적인 의미를 지니고 있었다. Maxwell은 교수직에 임명된 직후 곧 대학 내에 존재하고 있었던 서로 다른 두 의견들——연구에 중점을 두어야 한다는 의견과 학생들이 원하거나 필요로 하는 내용을 가르쳐야 한다는 의견——을 감지할 수 있었다. 물론 전자의 의견이 소수였던 것도 알고 있었다.

그러나 무엇보다도 Maxwell의 계획에 가장 큰 장애였던 것은 이 오랜 전통을 가진 대학의 독특한 제도였다. 장래의 케번디시연구소가 속하게 될 대학(University)은 학생들에게 거의

아무런 영향력을 행사하지 못하고 있었다. 학생들은 무엇보다도 우선 콜리지(College)에 소속되어 있었으며 아주 드문 경우에만 대학과 연결되었다. 콜리지는 tutorial system이라고 불리는 독특한 제도에 의해서 학생들의 교육을 전담하고 있었는데, 그 교육기능을 대학에 속해 있는 교수들에게 빼앗기지 않으려고 안간힘을 쓰고 있었다. 학생들은 교수의 강의에 참석해야 할 아무런 의무도 없었으며, 수학적 재능을 가진 과학도들은 유명한 수학튜터 밑에서 짧은 시간 안에 많은 문제들을 풀 수 있는 요령을 배우기에 바빴다. 따라서 교수의 강의가 수학 트라이포스와 직접 관련이 되지 않는 한, 학생들이 교수의 강의에 참석할 확률은 매우 적었다. 왜냐하면 학생들의 과학적 경력, 펠로우십(fellowship), 고용기회 등이 모두 이 시험결과에 달려 있었기 때문이다. 그러므로 Maxwell이 취임강연에서 밝힌 연구소 지침(강의를 포함한)은 당시의 주변 상황에 순응하기를 거부하는 것이었으며, 강연에 참석했던 청중 대부분에게 실망을 안겨 주었다. 대학 내에 연구전통을 수립하겠다고 결심한 그는 그의 강의에, 그리고 연구소에 학생이 거의 없는 사태를 준비하고 있었을 것이다.

새로운 지적 전통을 입안하는 한편, Maxwell의 첫번째 주된 작업은 연구소 건물을 설계하고 그 건축을 감독하는 것이었다. 이 일을 위해서 그는 글라스고우의 William Thomson의 실험실과 옥스퍼드대학의 R.B. Clifton 교수 연구실 등을 시찰했고, Trinity College에서 물리학을 강의하고 있었던 Coutts Trotter로 하여금 그밖의 다른 실험실들을 돌아보게 하였다. 하지만 케번디시연구소의 기본적인 구조는 거의 전적으로 Maxwell의 머리에서 나온 것이었으며, 설계자로 선정된 W.M. Fawcett은 이러한 그의 의도를 성실하게 구현하였다. 건물을 완성하고 그밖의 실험기구들을 갖추는 데는 의외로 많은 시간과 노력이 소비되었는데, 그동안 Maxwell은 이곳 저곳 빈 강의실을 전전하며 강의를 계속했다. 1874년 5월 마침내 건물이 모두 완성되었고 6월 16일에 Devonshire 공작에 의해서 케번

디시연구소가 정식으로 문을 열었다.

캐번디시연구소는 당초 예상했던 바와 같이 많은 학생들을 끌어들이지 못했는데, 연구소가 문을 연 첫 가을학기에 Maxwell 이 지도한(연구 실험의 경우를 말함) 학생은 2명에 불과했다. 이것은 그의 강의에 있어서도 거의 마찬가지였다. 그가 1871 년부터 79 년까지 쓴 공책에 의하면, 1871 년 가을 첫 강의를 개설했을 때에는 19 명이 그의 강의에 참석했고 다음 학기에는 26 명이 강의에 등록했다. 그러나 그 다음 학기부터 수효는 급격히 줄어들기 시작하여 10 명, 그 다음에는 8 명으로 되었고, 그의 기록은 이렇게 4 학기만으로 그쳐버렸다. 아마도 더 이상 기록이 필요없을 만큼 수효가 줄어든 것이 분명하다.

1877 년 가을학기부터 그의 강의에 참석했던 J.A. Fleming 의 회고는 이러한 사실을 잘 나타내 주고 있다. “나는 자신의 분야에서 살아 있는 가장 권위있는 인물로 모두에게 인정받고 있는 선생이 두세명의 학생을 상대로 강의하는 것을 발견하고 놀라지 않을 수 없었다. 그가 만일 스코틀랜드나 독일의 어느 대학에서 같은 강의를 했다면 100 명이 훨씬 넘는 학생이 모였을 것이다.……그의 생애 마지막 해에는 단지 두명의 학생이 강의에 참석했는데, 한 사람은 Middleton 이라는 미국인이었고, 다른 한 사람은 나 자신이었다.”

위의 사실은 Maxwell 이 결코 주변 환경과 타협하려 하지 않았음을 잘 보여 준다. 만일 그가 강의에서 수학 트라이포스를 준비하는 데 유용한 내용들을 가르치고, 또한 보여 주는 실험들을 강의에 도입했다면, 그는 인기있는 강의자로 많은 학생들을 끌어들이 수 있었을 것이다. 분명히 훌륭한 강의자였던 그는 ‘학생들이 원하는 내용’이 아니라 ‘학생들이 알아야 할 내용’을 가르쳤고, 따라서 스스로 배우고자 하는 소수의 진지한 학생들에게만 깊은 영향을 미쳤다. 이들 소수의 학생들은 대개 더 이상 시험을 걱정하지 않아도 되는 졸업생이거나 펠로우였는데 Maxwell 의 지도하에 자신들의 연구를 계속하고자 하는 사람들이었다. Maxwell 이 의도한 캐번디시연구소의 주된 몫은 바로 이런 연구자들을 위

한 장소와 기구들을 제공하는 것이었으며, 그는 학부생들을 상대로 하는 보여 주는 실험들(자연 과학 트라이포스 수험생과 의대생들에게 간단한 실험기구 조작을 가르치는 것으로 연구소의 주된 수입원이었음)을 그의 시범교수자(Demonstrator)였던 W. Garnet 에게 전적으로 맡기고, 자신은 이들 소수의 연구자들을 훈련하는 데 정력을 쏟았다. 그의 지도하에 있었던 연구원들은 비록 숫자는 매우 적었으나 이들 모두는 후에 영국 과학계에서 중추적인 몫을 담당했다.

한편 당시 연구소에서 수행되었던 연구들 중 옴(Ohm)의 법칙 검증에 특히 여러 명이 관계했다. 이것은 Maxwell 이 관심을 가지고 있던 실험으로 정확한 단위를 결정하는 데 매우 중요한 것이었다. 그는 아마도 정확한 측정의 기술을 축적하는 데 이 실험이 다른 어떤 것보다도 훨씬 도움이 되리라고 생각했던 것 같다. 이 과제를 처음 시작한 G. Chrystal 과 그가 교환한 편지들은 기구개선과 정밀측정에 관한 그의 지속적인 관심을 잘 보여 준다. 옴의 법칙 검증에는 Chrystal 이 떠난 후에도 Fleming, R.T. Glazebrook, 그리고 Maxwell 사후 Rayleigh 경과 A. Schuster 등이 참여했고, 연구소의 첫 자랑할 만한 결과를 낳았다. 이러한 실험기술의 축적이 그 자체의 필요성뿐만 아니라 이론을 실험으로 증명하는 데 있어서도 꼭 필요하다는 것은 너무도 명백하다. 그 가장 잘 알려진, 그리고 가까운 예가 Thomson 의 1897 년 실험——음극선이 전기장에 의해서 휘다는 것을 보인——인데, 30 여년에 걸친 실험기술의 축적이 이 까다로운 실험을 성공으로 이끈 원인의 하나였던 것이다.

캐번디시연구소의 초기 분위기를 설명하는 데 빼놓을 수 없는 또 하나의 사실은 이 시기(1874 ~79) 동안에 연구소가 Maxwell 의 전자기학 연구의 중심지였다는 점이다. 1873 년에 출판된 Maxwell 의 「전기와 자기에 관한 논고」(Treatise on Electricity and Magnetism)는 이 분야에 관심이 있는 과학도들을 그의 주위로 끌어들이는 데 큰 역할을 했다. 앞서 인용한 Fleming 의 경우가 좋은 예인데, 그는 Maxwell 의 밑에서 전자기학을 공부하려고 대학 강사직을 포기하고

케임브리지로 돌아왔던 것이다.

한가지 주목할 점은 캐번디시연구소에서는 케임브리지의 다른 수학자들과는 달리 Maxwell의 이론을 실험으로 증명하려고 노력했다는 사실이다. 이 경우 Maxwell 보다도 그의 제자들이 훨씬 더 열심이었다(Maxwell 자신은 생전에 한번도 전자기파의 존재를 실험으로 증명하려고 시도하지 않았다). 연구소의 첫 연구원이었던 W. M. Hicks가 그의 첫 실험과제로 전자기파 전달 속도 측정을 선택했던 점이나(이 실험은 Thomson과 Rayleigh 경에 의해서 그 후 수차례 반복되었다). Thomson이 교수로 선출되자마자 전자기파 존재를 실험으로 증명하려고 계획했던 점 등이 이를 잘 보여 준다. 1887년 Hertz의 성공은 Thomson이 차지할 뻔 했던 영광을 빼앗아갔지만, 그의 발견은 연구소에서 크게 환영을 받았다. 전자기학과 관련된 실험들은 특히 1885~95년에 성황을 이루었는데 전체 실험 중 약 3/4을 차지했을 정도였다. Thomson은 이러한 연구들에 힘입어, Maxwell 사후 20년동안 진행된 전자기학분야에서의 발견을 정리하여 1893년 한 권의 책으로 출판하였다. 전자기학과 정확한 측정의 전통이야말로 Maxwell이 캐번디시연구소에 남긴 중요한 발자취이다.

Maxwell이 연구소에 심어놓은 또 하나의 중요한 전통은 독특한 연구분위기인데, 일종의 자유방임주의라고 할 수 있겠다. 그는 학생들로 하여금 스스로 실험과제를 선택하도록 장려했고 학생이 그에게 적당한 연구과제를 물었을 때에만 자신의 의견을 털어놓았다. 또한 그는 캐번디시연구소를 연구하고자 하는 사람들 누구에게나 개방했는데, 대신 학생들은 어떤 실험기구를 어떻게 사용해야 되는지 스스로 발견해야만 했다. 심지어 그는 학생이 잘못된 길을 가고 있을 때에도, 여전히 그를 격려했다. “나는 결코 학생이 어떤 실험을 하는 것을 막으려고 하지 않습니다. 왜냐하면 그가 원하는 것을 발견하지 못한다 할지라도 어쨌든 무언가 발견할 것이기 때문입니다.” 그렇다고 Maxwell이 연구소 책임자로서의 의무를 게을리한 것은 결코 아니다. 그는 연구소에서 수행되고 있는 모든 연구마다

관심을 기울였고, 매일 이 방 저 방을 돌아다니며 학생들과 실험결과를 토론하며 때로 제안을 하기도 했다.

그가 진정으로 원하고 있었던 것은 연구소에 창조적인 분위기를 복돋우고, 또한 창의력을 가진 사람을 발견하고자 하는 것이었다. 그는 연구소가 자신의 개인적인 실험을 위해 사용되지 않도록 매우 주의를 기울였는데, 연구원들을 자신의 실험에 끌어들이는 대신 다른 연구원들의 실험, 예를 들어 옴의 법칙 검증을 돕도록 권고하였다. 당시의 대부분의 연구소나 실험실들이 교수의 연구과제를 중심으로 모든 인적, 물적 자원들을 움직였던 점을 고려한다면, 캐번디시연구소의 분위기는 확실히 독특한 것이었다. 이 전통은 매우 뿌리 깊게 계속되었는데, Rayleigh 경이나 Thomson도 교수가 된 이후 한두명의 지원자와 연구를 같이 했을 뿐, 나머지 연구원들은 모두 자신들이 흥미를 가진 연구를 계속하도록 방임되었다. 20세기초 캐번디시연구소를 방문한 한 미국교수는 연구원들의 이러한 방만함을 도대체 이해할 수 없다고 불평했지만, 바로 이 자유스러운 분위기 속에서 다른 곳에서는 나오기 힘든 독창적인 연구들이 쏟아져 나왔던 것이다.

1879년 Maxwell의 갑작스러운 죽음 이후에도 캐번디시연구소는 그가 심어놓은 전통들——연구의 전통, 전자기학과 정밀한 측정, 그리고 자유방임적인 분위기——에 의해서 계속되었다. Maxwell의 뒤를 이은 Rayleigh 경과 그 뒤를 이은 Thomson은 누구보다도 이러한 전통들을 잘 이해하고 또 유지했던 인물들이다. 이런 의미에서 Maxwell은 미래를 설계한 조직가(organizer)였으며, 캐번디시연구소는 그가 과학계에 남겨 놓은 마지막 작품이었다고 할 수 있다.

주 : 영국과 잉글랜드를 구별하여 썼음.