한국수학사학회지 *The Korean Journal for History of Mathematics*
제24권 제3호 (2011년 8월), 109–143

드 모르간이 위대한 수학 교육자가 되기까지: UCL의 사회적, 제도적, 간학문적 맥락 속에서 순수 수학 교육 바라보기

From a Young Mathematics Professor to a Great Mathematics Teacher: Considering Characteristic Features of the Education of Pure Mathematics in the Social, Institutional and Interdisciplinary Contexts of UCL.

조수남 Su Nam Cho

1820년대 말에 런던대학칼리지의 초대 수학 교수가 되었던 드 모르간은 인접 분야인 자연철학 분야의 독특한 특징, 런던대학칼리지 학생들의 학업 수준 및 관심, 그리고 수학에 대한 부정적 인식들 속에서 자연스럽게 수학 '교육'의 문제에 특별한 관심을 기울이게 되었다. 그리고 학생들의 수준에 맞게 수학 분야들을 효과적으로 가르치려는 과정에서 다른 무엇보다도 수학의 기본 원리 및 개념들을 명확하게 이해시키고, 수학적 논의들을 엄밀하고 논리적인 방식으로 설명하는 데 집중하였다. 그가 연구자로만 남아 있을 수 없었던 상황에서, 그의 수학 교육은 UCL의 사회적 · 제도적 특징들, 수학 교육을 둘러싼 다양한 견해들, 그리고 인접 분야와의 관계 속에서 특정한 방식으로 구성되고 발전해 나가는 것이었다.

Augustus De Morgan became to be deeply interested in the education of pure mathematics since he came to teach in UCL because of the specific nature of natural philosophy lectures, the academical knowledge and reasoning powers of the students, and the negative attitudes of London society on mathematics. During his long tenure, he really tried his best to make his students understand the important concepts and the principles of pure mathematics, and logically explain the processes of inducing and proving the laws of pure mathematics. When he could not stay as a mere researcher, he had to concern himself with and pay attention to the problems of educating students. And then his teaching style was constructed in a specific way by the various attitudes about mathematics, the boundary relationship between the adjacent academical branches, and the social and systematic nature of UCL.

Keywords: 드 모르간(Augustus De Morgan), 런던대학칼리지(University College,

MSC: 01A73, 97A30, 97D40 ZDM: A30
제출일: 5월 27일 수정일: 8월 19일 게재확정일: 8월 22일

London), 순수 수학 교육(education of pure mathematics), 자연철학(natural philosophy), 개념(concept), 원리(principle)

1 서론

많은 이들에게 드 모르간은 위대한 수학교육자의 한 사람으로 기억된다. 1828년에 런던 대학칼리지(University College, London, 이하 UCL)[1)]의 초대 수학 교수로 임용되었던 그는 그 곳에서 30년 가까이 학생들을 직접 가르치면서 수많은 학자들을 배출해내었던 선생이었다. 교육자로서의 드 모르간에 대한 평가는 훗날 그의 제자들이나 부인을 통해서도 잘 드러났다. 가령 그의 제자였던 화학자 로스코(Sir Henry Enfield Roscoe)는 그가 "단순히 수학자가 아니라, 굉장한 선생"이었다고 평가하였고, 또 다른 제자 호지킨(Thomas Hodgkin)은 그가 "그의 모든 동료 위에 지적으로 우뚝 선 인물이었으며", "그의 인격을 생각할 때, 내가 알아 온 인물 가운데 가장 위대한 인물 가운데 하나였다"고 이야기하였다 ([50], pp.548–9). 이러한 평가는 드 모르간의 가장 가까운 곳에서 그를 지켜보았던 부인의 평가와도 일치했는데, 그녀는 자신의 남편을 "가장 성공한 선생"으로 바라보았다([34], p.170).

하지만 그가 수학교육자로 유명했던 것은 단지 UCL에서의 교육에만 기인했던 것은 아니었다. 그는 수많은 순수 수학[2)] 교재들 및 수학 교육 관련 저술들을 집필하면서 이 시기 영국의 수학 교육의 수준을 끌어올리고 수학 교육에 관한 공론의 장을 이끌어갔던 인물이었다. 그는 여러 지면을 통해 효과적인 수학 교육의 방법들을 소개하였고, 수학 교육이 다양한 측면에서 유용성을 지닐 수 있음을 역설하면서 고등 교양 교육의 중요한 한 분야로 정당화해 나갔다. 이러한 노력들을 통해 이후 그가 가르치던 순수 수학 분야는 자연 철학 연구를 위한 기초 과목으로서의 성격을 넘어 그 자체로 연구하고 교육할 만한 가치가 있는 하나의 전문 과학 분야가 되어갔다.[3)]

이후 국내외의 여러 학자들이 드 모르간과 그의 수학 교육 및 연구의 특징들에 대해 관

1) 처음에는 London University였다가 1836년에 University of London이 생기면서 University College로 이름이 바뀌었다. 하지만 이 글에서는 혼란을 피하고 연속성을 강조하기 위해 UCL로 통일하고자 한다.

2) 드 모르간은 이 당시 대부분의 수학 교수들과는 달리 '순수 수학' 분야들만을 가르쳤다. 이 때 순수 수학이 의미하는 분야는 현재의 의미와는 다른 것이었는데, 수리 물리학이 중심이 된 '혼성 수학(mixed mathematics)'의 분야들이 제외된 순전히 수학적인 분야들을 가르켰다. 여기에는 산술, 기하, 그리고 대수 등의 기초 순수 수학의 분야들로부터 미적분학과 변분법 등의 고등 순수 수학의 분야들이 포함되었다. 즉, 그가 가르쳤던 분야는 현대적 의미의 '수학' 분야와 매우 유사했다. 이후 그의 제자들에 의해 순수 수학의 연구가 중심이 된 런던수학회가 설립되었을 때, 그것은 순수 수학 분야가 하나의 전문 과학 연구 분야가 되어 갔음을 보여주는 것이었다.

3) 1865년에는 드 모르간의 제자들을 중심으로 전문 수학 학회인 런던수학회(London Mathematics Society)가 설립되었는데, 이것이 점차 영국의 수학계를 대표하는 학회로 성장해나갔다. 곧바로 회지도 발간되었는데, 이 곳에서 출판된 논문의 상당 부분은 응용 수학이 아니라 순수 수학의 연구들로 구성되어 있었다([48]).

심을 기울였고 이제까지 여러 연구들이 이루어졌다. 가령 UCL에서의 드 모르간의 수학 교육에 대해 폭 넓은 연구를 제시하였던 라이스(Adrian Rice)를 비롯하여, 그의 논리학 연구의 기원을 살펴본 팬테키(Maria Panteki), 그리고 대수학 연구의 맥락에서 드 모르간의 연구를 살펴보았던 파이사이어(Helena M. Pycior)와 리차즈(Joan L. Richards) 등에 이르기까지 많은 역사가들이 드 모르간에게 관심을 기울여 훌륭한 연구 성과들을 제시하였다 ([45, 46, 47, 50]). 이후 국내에서도 드 모르간의 교육의 측면에 관심을 기울여 한국수학사학회지와 대학수학교육학회지를 통해 여러 편의 논문들이 게재되었다([1, 2, 4, 5]). 이렇듯 여러 학자들의 연구를 통해 드 모르간의 수학 교육과 연구에 관해서는 많은 부분들이 드러날 수 있었다.

그런데 이제까지의 연구들에서 드 모르간은 당시의 수학과 그를 둘러싼 독특한 사회적, 제도적, 학문적 맥락으로부터 단절된 채 그려지는 경향을 보였다. 그의 수학 교육에 대해 연구한 이들은 있었으나, 왜 그가 수학 교육에 관심을 지니게 되었는지를 보여주는 연구는 거의 없었다. 그리고 왜 그가 당시 일반적인 수학 교수들처럼 응용의 측면에 관심을 기울이지 않고, 특별히 순수 수학의 교육의 문제에 많은 관심을 기울였는지에 대해서도 그다지 관심을 기울이지 않았다.

사실 드 모르간이 순수 수학의 교육에 큰 관심을 기울였던 것이 당시 대학이나 대학칼리지의 수학 교수들과 비교해볼 때 자연스러운 모습은 아니었다. 가령 UCL 이전에 잉글랜드의 유일한 두 대학이었던 케임브리지대학이나 옥스퍼드대학의 경우, 교수들은 학부 학생들의 교육에 직접적으로 관여하지 않았다. 그들은 자신의 연구 분야에만 매진했고, 학생들의 교육 문제에는 그다지 관심을 기울이지 않았다. 교수들의 강의 주제 역시 자신이 연구하거나 관심을 가지고 있는 주제와 관련된 것들이 많았다. 이런 상황에서 "수학졸업시험(Senate House Examination, 일명 Mathematical Tripos)" 준비에 여념이 없던 학생들은 교수들의 강의를 제대로 수강하지 않았다([53], pp. 31–32).

물론 19세기 전반까지도 두 대학에서 학부 학생들의 교육은 전적으로 칼리지 강사들이나 "사강사(private tutor)"들이 주관하고 있었으므로, 런던의 새로운 칼리지에서 학생들 교육을 담당했던 드 모르간을 전통적인 대학들의 칼리지 강사들이나 사강사들과 비교할 수도 있을 것이다([14], pp. 9–66). 그러면서 드 모르간이 수학 교육에 관심을 기울였던 것을 예외적인 현상으로 볼 수는 없다고 이야기할 지도 모르겠다. 하지만 전통적인 대학의 칼리지 강사들 중에 기초 수학 교재들을 집필하거나 수학 교육 일반의 문제들에 대해 대중 저널 등에 글을 기고하면서 자신들의 칼리지를 넘어 수학 교육 전반에 대해 큰 관심을 기울였던 이들은 드물었다.

이는 런던의 또 다른 고등 교육 기관이었던 런던킹스칼리지의 수학 교수의 경우에도 크게 다르지 않았다. 런던킹스칼리지(Kings College, London)의 초대 수학 교수였던 홀

(Reverend Thomas G. Hall)은 드 모르간과 마찬가지로 30년 넘게 그 곳 수학 교육을 책임지면서 수많은 제자들을 배출해 내었던 수학자였다. 하지만 홀의 경우, 킹스칼리지를 넘어 수학 교육 일반의 문제, 가령 수학이 왜 중요하며, 또 어떤 측면에서 가치를 지닐 수 있는지 등의 문제에는 그다지 관심을 기울이지 않았다. 또한 그가 출판했던 교재들은 대부분 기초 수학 분야가 아닌 고등 수학 분야에 국한되어 있었다. 이는 어느 정도의 실력을 갖춘 특정 그룹의 학생들에게만 의미를 지닐 수 있는 것이라 할 수 있었다([49], p.390).

그렇다면 드 모르간이 기초 수학 분야들을 포함한 순수 수학 분야의 교육 및 일반적인 수학 교육의 문제들에까지 관심을 기울이면서 다른 무엇보다도 학생들을 가르치고 수학 교육을 정당화하는 문제에 큰 관심을 기울였던 까닭은 무엇이었을까? 케임브리지대학을 우수한 성적으로 졸업했던 드 모르간은 학부 시절, 순수 수학 분야나 수학 교육 분야보다는 혼성 수학 및 수리 물리학의 분야에 더 많은 관심을 지니고 있었다. 그런데 UCL의 수학 교수로 임용된 뒤 그의 저술 목록에는 순수 수학 교재 및 수학 교육 일반의 주제에 관한 것들이 상당수를 차지하고 있었다. 그렇다면 무엇이 그로 하여금 순수 수학 분야의 교육에 그토록 많은 관심을 갖도록 했을까?

드 모르간이 다녔던 UCL은 당시에 완전히 새로운 기관이었다. 학생들의 구성이나 수학 분야의 위치 등 모든 것이 이전의 옥스퍼드대학이나 케임브리지대학과는 완전히 달랐다. 또한 인접 학문과의 관계 역시 특이한 양상을 보였다. 당시 수학 분야는 크게 순수 수학과 혼성 수학의 두 분야로 나뉘어져 있었다. 그런데 이 중 혼성 수학의 경우, 수학의 학 분야로 규정되기도 했지만, 다른 한편으로는 수리 물리 과학으로 이해되어 자연 철학의 한 분야로 규정되기도 했다[4]. 이런 상황에서 19세기 전반에는 대부분의 자연 철학 교수들이 혼성 수학의 분야까지 자연철학의 분야로 포함시켰고, 그로인해 수학과 자연철학 사이의 경계가 매우 모호한 상태가 되었다. 그런데 케임브리지대학이나 옥스퍼드 대학과 같이 칼리지 체제를 유지하고 있던 곳에서는 대학 교수들에게 교육보다 연구가 더 우선되었으므로, 분야 간 경계 문제는 그리 중요한 논쟁거리가 되지 못했다. 우선 수학과 자연 철학 분야의 연구를 게재하거나 발표할 수 있는 학술지나 학회들부터가 엄격하게 나뉘어져 있지 않았으므로, 분야 간 경계 문제가 연구에 별 방해가 되지 않았던 것이다. 또한 교육의 권한은 대학이 아니라 개별 칼리지들에 있었고, 학생들의 교육은 대학 교수들의 강의가 아니라 개별 칼리지 강사들의 강의나 사강사들의 교습에 의해 이루어지고 있었다. 따라서 특정 분야의 대학 교수들이 학생들에게 자신의 분야를 전체적으로 어떻게 규정하고 가르칠지에 대해 고민할 필요가 없었다. 하지만 수학이 자연철학을 공부하기 위한 예비 과목으로 규정되던 당시에 교수 강의 체제를 도입했던 런던의 대학칼리지들에서는 분야 간 경계 문제가 새로운 문제

4) 이 당시 혼성 수학의 분야에는 역학이나 수력학, 동역학, 그리고 기체역학 등의 수리 물리 과학의 분야들이 포함되었다. 혼성 수학에 관해서는 [13]을 참조할 것.

들을 야기하기 시작했다[5]. 교수들의 월급이 학생들의 수업료로 결정되었던 체제 속에서 교수들은 자신의 분야의 경계를 어떻게, 그리고 어디까지 규정지을 것인가를 고민해야 했기 때문이다. 따라서 19세기 전반의 새로운 대학칼리지들에서 순수 수학 교육과 자연 철학의 교육은 서로 별개로 논의될 것이 아니라, 각기 서로 연결되어 인접 분야로서 함께 조명될 필요가 있을 것이다. 아래에서는 드 모르간이 재직했던 UCL의 독특한 특징들과 수학 분야와 인접 분야였던 자연철학 분야의 성격 등을 고려하면서 그의 수학 교육에 대한 관심이 어디에서 기원했으며 어떻게 나아갔는지를 살펴보고자 한다.

2 19세기 초 UCL에서 수학이 처한 상황

19세기 초 런던에서는 중간계층 시민들의 대중 고등 교육에 대한 사회적 필요가 크게 증가되기 시작했다. 런던의 산업과 경제가 성장하면서 중간 계층의 성장이 두드러졌기 때문이었다. 더구나 1820년대까지도 잉글랜드에 존재했던 고등 교육 기관으로는 케임브리지대학과 옥스퍼드대학이 유일했는데, 19세기 초에 이르면 두 대학에 입학하고자 하는 이들의 수가 이미 두 대학이 감당할 수 있는 수준을 훨씬 넘어서 있었다. 더욱이 중간 계층에는 국교도가 아닌 이들의 비중도 많았는데, 19세기 초까지도 잉글랜드 내에는 국교도가 아닌 이들이 고등 교육을 받을 수 있는 곳이 존재하지 않았다.

UCL은 바로 이러한 상황을 타개하고자, 1826년 수도 런던에 세워진 최초의 세속 고등 교육 기관이라 할 수 있었다. 자연히 UCL에서는 실용적이고 전문적인 분야 외에도 수학과 자연철학을 포함하여 전통적인 두 대학들에서 중시되던 교양 교육 분야들이 교육의 중요한 부분으로 구성되었다. 그런데 UCL에서 수학은 당시 해당 분야에 대한 사회적 편견과 UCL의 제도적 특징, 그리고 학생 구성의 종교적 · 사회적 특징 등으로 인해 다른 기관과는 다른 특이한 상황에 놓여 있었다. 아래에서는 그 특징들을 통해 UCL에서 수학이 놓여있었던 상황을 재구성해보고자 한다.

2.1 19세기 초 실험 과학에 대한 열광과 수학에 대한 부정적인 견해들

영국은 유럽의 다른 어느 나라들보다도 실험 및 경험 과학과 기계 및 기술적 지식들이 발전했던 곳이었다. 이는 단적으로 영국의 왕립학회와 프랑스의 왕립과학아카데미의 비교에서도 잘 드러났다. 후자에서 보다 전문적인 수리 과학의 분야들이 연구 · 발전되었다면, 전자에서는 보다 실험적이고 경험적인 연구들이 논의되는 경향을 보였다. 이러한 모습들은 이후 버밍엄과 같은 산업 지역들을 중심으로 다양한 지방 과학 단체들이 설립되면서 실험적이고 기술적인 논의들이 활발하게 이루어졌던 측면들과도 잘 연결되었다. 18세기 초에 이르면

5) 경계 문제는 19세기 말에 혼성 수학의 분야들과 실험 과학의 분야들이 자연철학의 일부 분야들과 통합되어 ‘물리학physics’을 구성하면서 분야간의 경계가 새롭게 규정될 때까지도 계속해서 지속되었다.

그림 1: “과학적 연구! — 기체역학의 새로운 발견! — 혹은 — 공기의 힘에 관한 실험 강연” (1802)

대학의 자연철학 강의에서도 실험적인 연구들이 자리를 잡아 나가기 시작했다([52]).

이런 가운데 런던을 중심으로 상류층 지식인들이나 귀족들 사이에서 지적 유희의 일부로 유행하던 실험 시연이 18세기 중 · 후반을 지나면서 점차 대중화되기 시작했다. 런던은 산업 및 기술 발전의 세계적 중심지로서, 수많은 기술자와 사업가들이 몰려드는 곳이었고, 공장이 증가하면서 기계들을 다루는 노동자들이 밀집되어 있었던 곳이었다. 실험 과학 및 기술에 대한 관심 속에서 클럽이나 커피하우스, 그리고 극장 등의 대중적인 공간들을 중심으로 실험 강연이 이루어졌고, 이를 통해 보다 폭 넓은 대중들이 실험 과학의 분야들을 접하기 시작했다. 런던 시민들의 실험 강연에 대한 관심은 단적으로 1799년 왕립 협회Royal Institution의 설립으로 나타났다. 그리고 이 곳에서 이루어진 실험 강연들이 대성황을 거두면서 이후 이와 비슷한 기관들이 차례로 생겨나기 시작했다. 실험 강연은 당시 영국 사회를 풍자한 풍자화가들의 그림 속에도 등장했다. 가령 질래이James Gillray나 로울랜슨Thomas Rowlandson의 풍자화는 당시 자연 철학이나 실험 과학에 대한 전문적인 지식 및 관심은 결여한 채, 그저 호기심이나 여가 활용의 차원에서 왕립 협회나 실험 강연장 등에 몰려들었던 런던 시민들의 모습을 잘 보여주었다.[6)]

18세기 대중 실험 강연에서 구체적으로 어떤 주제들이 어떤 방식으로 논의되었는지를 살펴보기 위해서는 당시의 실험 강연록이나 현존하는 실험 기구들, 개인 소장품들, 그리고 기구 경매 카탈로그 등의 다양한 자료들을 참조할 수 있을 것이다. 이를 살펴본 연구에 따르면, 당시 실험 강연에서는 역학, 유체 정역학, 천문학, 전기, 자기, 열, 광학, 기체역학, 그리고 화학 등의 다양한 물리 과학의 분야들이 논의되고 있었다. 그리고 이를 위해 안경, 쌍안경, 광학 장난감, 망원경, 현미경, 해시계, 분수, 공기 펌프, 시계, 온도계, 기압계, 그리고 증기

6) 왕립연구소(Royal Institution)에서 이루어진 웃음 가스(아산화질소 N_2O) 실험을 묘사하고 있는 질래이(James Gilray)의 풍자화, http://www.sciencemuseum.org.uk/images/I003/10200364.aspx (2011년 5월 30일 접속)

기관 모형 등 대중들에게 친숙한 기구 및 기계들이 사용되고 있었다. 당시 유체정역학이나 수력학에 대한 강의는 분수나 물을 활용하는 정원 디자인 등으로 인해 영국에서 큰 관심을 불러 일으켰던 주제 가운데 하나였다. 마찬가지로 열에 관한 주제는 광산업이나 도자기업, 그리고 증기 기관에 대한 관심 속에서 꾸준히 인기를 끌었던 주제였다. 따라서 가령 열에 관한 강의의 상당 부분은 온도계나 습도계 등을 통해 열의 효과를 설명하거나 증기 기관의 원리 등을 사용하는 데 할애되었다([52], pp.521–525). 이러한 사실들을 감안할 때, 당시 대중 실험 강연에서는 물리 과학의 다양한 분야들이 실험 및 기구 등을 통해 상당히 흥미롭고 실용적인 방식으로 전달되고 있었음을 짐작할 수 있을 것이다.

그런데 이렇듯 실험 과학에 대한 관심과 흥미가 증가되는 가운데 영국 사회에서는 수학이 그만큼 더 어렵고 지루한 기피 분야가 되어가고 있었다. 가령 허셜John Herschel은 당시 과학의 상황에 대해 이야기하면서 실험 과학이 흥미를 끄는 반면, 수리 과학 및 수학 분야들은 홀대받고 있음을 지적하였다. 당시 허셜이 과학계의 중심에 있었던 인물이었고 수많은 학자들과도 교류하고 있었음을 감안할 때, 허셜의 생각이 그만의 고민이었던 것으로 보이지는 않는다.

> "18세기 말과 19세기 초는 과학 분야, 특히 좀 더 정밀한 분야에서 성과가 아주 적었다는 점에서 놀라웠다. … 정확한 측량과 체계적인 계산에 기반을 둔 분야 가운데서 수학은 거의 사망 직전이고 천문학도 비슷한 형편이다. 실험할 때 느끼는 흥분과 짜릿함이 결여된 과학 분야들[수학과 천문학 분야]에는 의욕 상실의 무력감이 퍼지기 시작했다([34], p.41)."

특히 1810, 20년대 들어 대륙의 해석적인 수리 과학의 분야들이 도입되기 시작하면서 수학에 대한 비판과 반감은 더욱 커져 갔다. 수학은 경험적이고 실험적인 과학 분야와는 달리, 실제 사물과는 무관한 추상적인 기호들로 구성된다는 점이 도마에 올랐다. 수학을 현실 세계의 문제와는 동떨어진 분야라고 지적하면서 현실의 복잡 다양한 상호작용과는 무관하게 논리정연하고 엄밀한 추론 및 논증만을 사용한다는 점을 들어 비판하는 이들도 있었다. 그리고 더 나아가 이러한 수학 분야를 공부함으로써 얻어지는 수학적 사고 습관은 실제 생활에는 유용하지 않으며 오히려 방해가 된다고 주장하는 이들도 나타났다([55], p.137).

물론, 수학에 대한 비판이 점증하는 동안에도, 수학은 케임브리지대학의 교육 과정에서는 다른 어느 과목보다도 중요하게 취급되었다. 케임브리지대학에서는 수학이 자연 세계를 탐구하기 위한 도구로서, 신학이나 자연 철학 분야를 공부하기 전에 반드시 공부해야 하는 기초 교양 분야로 간주되었다([37], pp.568–9). 더구나 1760년대 중반 이후 수학졸업시험에 대한 경쟁이 증가되는 가운데 시험이 토론에서 필기 방식으로 전환되면서 시험에서 수학 분야가 차지하는 비중은 더욱 증가되기 시작했다([37], pp.550–53, 555, [53], pp.57–58). 점차 졸업 시험 외에도 기타 장학금 수여 등을 위한 칼리지 내 모든 시험들이 수학졸업시험과 유사한 방식으로 이루어지기 시작했고, 시험관들은 변별력을 높이기 위해 더욱 더 어려운 수학 내용 및 수식에 기대었다([37], p.566). 1825년부터는 케임브리지대학 내에서뿐만 아니라『타임지(*Times*)』를 통해 영국 전역에 수학졸업시험 순위가 공표되었다([53], p.201–202). 이는 대학 교육에서 수학 시험의 비중을 확실히 높였을 뿐만 아니라 이 시험에 대한 경쟁률 역시 크게 증가시켰다. 이런 상황에서 수학 분야는 케임브리지대학의 학부 교육 과정에서 독점적인 지위를 지닐 수밖에 없었다.

하지만 케임브리지대학을 벗어나면 상황은 달라졌다. 우선 당시 사회의 중요한 직책이나 직업 분야에서 방대한 수학 지식을 필요로 하는 곳이 거의 없었으므로, 케임브리지대학을 졸업한 이들 중에는 이후 학부 시절 동안 수학 공부에 매진했던 시간들을 비판적으로 평가하는 이들이 많았다([14], pp.9–17, [41], pp.92–103). 가령 앳킨슨(Solomon Atkinson)은 누구보다도 수학 공부를 열심히 해서 1819년의 수학졸업시험에서 최고 점수를 받았던 재원이었다. 하지만 졸업 후『런던 매거진(*London Magazine*)』에 기고했던 회고담에서는 수학 공부에 대해 매우 비판적으로 회고하였다.

> "나는 나를 돋보이게 했던 [수학] 지식이 … 내가 사람들과 교류하고 세속의 삶을 영위해 나갈 때 나에게 유리하게 작용할 거라 기대했다. [하지만] 그 지식은 나에게 아무런 쓸모가 없었다. 난 그것이 쓸모없는 것이라는 사실과, [케임브리지대학에서] 공부했던 기간이 내 삶의 공백기였음을 깨닫게 되었다. 단지 쓸모없는 정도가 아니라; 나는, 대학에서 함께 경쟁하며 공부했던 이들과 마찬가지로, 상식에 비추어볼 때 유해하고, 불합리하며, 또한 어리석은 것들을 흡수했던 것이었다. 그러므로 난 그저 내 시간을 허비한 것만이 아니었다. 난 되도록 빨리 잊어버릴 필요가 있다는 걸 알게 되었다. … 수학 기호들을 붙잡고 허비했던 시간들은 내 정신을 훈련시키지도, … 어떤 유용하거나 실질적인 업무를 준비시켜주지도 않았다([14], p.12)."

이러한 비판이 앳킨슨에게만 국한되었던 것은 아니었다. 1825년『런던 매거진』에 실린 또 다른 글 "케임브리지에 대한 유감(Regrets of a Cantab)"의 저자 역시 케임브리지대학 출신이었다. 이 글은 1824년에 수학 졸업시험을 1위로 통과했던 코울링(John Cowling)의 글로 추정되는데, 이 글에서 그는 케임브리지대학에서의 수학 훈련을 통해 그가 겪은 정신적 고통과 그러한 공부의 쓸모없음에 대해 상세하게 기술하였다.

> "나는 내 자신에게 유용한 지식들을 얻었다고 설득하고 싶었다. 하지만, 이런! 그런 생각은 곧바로 사라졌다. 어디를 가든, 무엇을 하든, 수학은 내게로부터 금세 사라져갔다. … 난 수학자 천명을 댈 수도 있다. 그들은 그들이 가진 지식

가운데 어느 것을 가지고도 필요하거나 유용한 것에 응용하지 못할 것이다. 그들이 일하려면 일하는 법을 배워야하고, 유클리드나 심슨을 들어본 적이 전혀 없는 것처럼 일해야 한다. … 경험에 비춰 보건대, 실무에 노련한 사람이라면 수학을 배우느라 시간을 허비하는 것보다 더 나쁜 선택을 하지는 않을 것이다 ([16], p.138, 466)."

결국 실험 과학의 흥분이 가득한 반면, 수학에 대한 비판적 견해에는 익숙했던 영국에서 수학은 점점 더 재미없고, 쓸모없는 분야가 되어가고 있었다.

2.2 드 모르간의 수학에 대한 상황 인식

드 모르간이 UCL의 초대 수학 교수가 되기 전부터 당시 사회의 수학에 대한 부정적 인식에 관해 잘 알고 있었다는 사실은 그의 1828년의 초대 강연에서부터 잘 드러났다. 드 모르간은 기존의 수학에 대한 부정적인 견해들을 소개하면서 이 강연을 시작하였다.

"고등 교육을 받은 이들 중에서도 수학을 좀 더 배우는 것이 필요하다고 생각하는 이들이 거의 없다는 사실을 떠올릴 때, 현재의 부정적인 상황을 호전시키거나 수학을 공부한 적인 없는 이들에게 수학에 대한 긍정적인 인상을 만들어 내기란 가망이 없는 일처럼 느껴진다([18], p.1).[7)]"

초대 강연의 첫 머리에 이런 이야기를 꺼냈다는 것은 그만큼 기존의 부정적 인식에 대해 드 모르간이 심각하게 받아들이고 있었음을 보여준다 할 것이다.

드 모르간이 생각했던, 수학에 대한 부정적 견해들은 크게 네 가지로 정리될 수 있었다. 그 중 가장 먼저 제시한 것은 수학이 너무 어렵다는 점이었다. 이에 대해 그는 너무 어려워서 더 많이 공부해야 하고, 그만큼 시간도 더 많이 걸린다는 비판은 너무 과장된 견해라고 못박았다. 그것은 초보자에게 수학적인 논증 과정을 따라가는 것 자체가 낯설 수 있기 때문에 드는 생각으로, 굳이 수학에만 국한된 문제가 아니라고 주장하였다. 공부를 하다보면 지식을 깨닫는 즐거움을 느끼게 되고, 시간이 흐르면서 어려움도 줄어든다는 것이었다. 그는 이를 설명하면서 뉴턴 당대에 뉴턴의『자연철학의 수학적 원리(*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*)』를 이해하는 이들이 극소수였던 데 반해, 현재 많은 이들이 그 책을 읽고 이해한다는 사실 자체가 자신의 주장을 뒷받침한다고 지적하였다([18], p.25).

그 다음으로, 수학 대가들조차 풀지 못한 문제들을 수학을 전혀 모르거나 약간의 수학 지식만을 소유한 이들이 해결함으로써 실용적인 성과를 거두었다는 비판에 대해 주목하였다. 기술적, 기계적 발명의 성취들을 이뤄낸 이들이 전문적인 수학자가 아니었고, 높은 수준의

7) 초대 강연에 관한 각주는 드 모르간의 강연 원고를 기준으로 표시할 것이다.

수학 지식을 가지고 있었던 이들이 아니었다는 사실은 실용적인 측면에서 수학이 얼마나 효과적일 수 있느냐 하는 문제를 회의적으로 바라보게 할 수 있었다. 이에 대해, 드 모르간은 역사를 살펴보면, 선천적으로 지능이 높거나 운이 좋아 유용한 지식을 발견한 경우는 매우 적고, 대부분은 수학적 사고를 통해 기존의 지식을 응용하면서 큰 성과를 거둔 경우가 많았다고 주장하였다. 가령 아르키메데스 이전에 목욕탕에 들어간 사람은 많았으나, 그가 혼합물에서 금과 은의 비율을 구하는 방법을 발견할 수 있었던 것은 훌륭한 수학적 사고 습관을 소유하고 있었던 때문이라고 설명하였다. 수학 지식과 수학적 사고 능력이 실용적, 기술적 성취의 원천이라는 것이었다([18], p.27).

또한 수학 공부가 과학적 상상력을 감소시키고 문학적인 감성을 헤친다는 비판도 반박하였다. 우선 전자에 대해서는 가장 심오한 과학적 발견들은 단순한 상상력이 아니라 논리적으로 사고하고 추론하는 수학적 능력에서 비롯된다고 주장하였다. 뉴턴의 수학적 성과가 나타난 이후에야 라플라스와 같은 수학자들에 의해 태양계의 모든 현상들이 뉴턴의 중력의 법칙으로부터 수학적으로 증명된다는 것이 드러날 수 있었고, 그러한 사실이야말로 수학적 사고력의 가치를 보여준다는 것이었다. 또한 수학적 논증이 문학적 감수성을 없앤다는 후자의 비판에 대해서도, 과학적 능력뿐만 아니라 문학적 실력을 통해 명성을 얻었던 수많은 수학자들의 존재가 그 비판의 근거 없음을 설명해준다고 이야기하였다. 플라톤은 말할 것도 없고, "퐁트넬, 파스칼, 데카르트, 라이프니츠, 그리고 달랑베르 등의 저작은 그들이 과학 분야에서 보였던 재능 못지않게 아름답고 영감어린 글들이었다"는 것이었다([18], pp.30–32).

마지막으로 드 모르간은, "단지 수학만" 공부하면 건전한 사고력을 기를 수 없다는 비판에 대해서도 자신의 입장을 피력하였다. 그는 먼저 수학을 비판하는 이들이 "일상의 삶은 불확실하고 명확하게 결론내리기 어려운 문제들로 가득해서 기하학의 간단하고 명확한 공리와는 닮은 구석이 없고", 따라서 "일상의 경제적 활동에서 요구되는 것과는 거리가 멀다"고 주장한다는 사실을 지적하였다. 그리고 본인 역시 이러한 비판에 대해 어느 정도 인정하였다. 하지만 그는 그와 동시에 수학의 여러 측면들을 바라보아야 한다고 설명하였다. 즉 UCL의 교과 과정에서도 드러나듯, 학생들이 수학만 배우는 것은 아니라는 것이었다. 처음에 수학을 배우기는 하지만, 그 이후에는 "수학을 응용한 다른 분야들, 즉 자연철학이나 천문학, 그리고 화학과 같은 분야들을 배우게 되고", 그 분야들을 통해 배우게 되는 사고방식이나 논증 방식은 수학과는 다른 것이어서, 서로 조화를 이룰 수 있게 된다는 것이었다. 그러면서 "수학의 간접적인 유용성까지 논하게 되면 그 범위가 더욱 폭 넓을 것"이라고 주장하면서 수학 공부가 매우 유용함을 강조하였다([18], pp.40–44).

이를 통해 드 모르간은 수학 교육의 의의로, 다른 무엇보다도 "다른 분야에 응용될 수 있느냐의 여부를 떠나, 인간의 정신에 새로운 아이디어를 제공하고, 짐승들과는 확연히

구분되는 인간의 사고력을 훈련시키는 데 중요한 역할을 할 수 있다”는 점을 강조하였다 ([18], p.4). 이를 위해 그는 로크의 철학에 기대었다.[8]) 로크에 의하면 인간이란 태어나면서부터 이미 신으로부터 완전한 이성이나 사고력을 부여받은 채 태어나는 존재가 아니었다. 인간의 정신은 “빈 서판”과 같아 바르게 사고하고 참과 그름을 구분하는 능력을 후천적으로 길러야 하는 것이었다. 그러기 위해서는 다른 무엇보다도 이른 시기에 바른 교육을 통해 논리적으로 사고하고 추론할 수 있는 능력을 기르는 것이 중요했다. 드 모르간이 보기에, 수학 분야는 다른 어떤 분야보다도 논리적으로 사고하고 추론하는 능력을 기르는 데 효과적인 분야였다. “수학이란 일반적으로 공간이나 수, 그리고 크기 등에 관해 고찰하는 학문”으로서 물질 세계의 외관으로부터 확실하고 분명한 개념들이 얻어지는 분야라고 주장했다. 이에 반해 대부분의 과학 분야들은 사용하는 용어 자체부터가 분명하게 정의되지 못하는 경우가 많고, 제 1원리라고 부르는 것들 역시 자명하지 않거나 충분히 증명되지 않은 경우가 많다고 설명하였다. 그는 인간의 정신으로는“두 가지 장애물을 동시에 극복하는 것이 힘들다”고 보았다. 즉, 제 1원리나 용어의 정의 자체가 분명하지 않은 상태에서, 학생들이 스스로 특정 분야의 불명확한 제 1 원리로부터 참된 지식을 추론해내고, 그로부터 또 다른 지식들을 이끌어내어 증명하는 것으로는 논리적인 사고 및 추론 능력을 습득하기 어렵다는 것이었다([18], pp.11a–14). 결국 드 모르간에게 수학은 ”다른 분야에 응용될 수 있느냐의 여부를 떠나, 인간의 정신에 새로운 아이디어를 제공하고 짐승들과는 확연히 구분되는 인간의 사고력을 훈련시키는 데 중요한 역할”을 할 수 있는 분야였다([18], p.5).

3 수학을 둘러싼 사회적 · 제도적 맥락과 인접 학문의 특징들

3.1 UCL 학생들의 특징들

이렇듯 수학에 대한 비판적인 견해가 널리 퍼지면서 런던 최초의 고등 교육 기관이었던 UCL의 수학 교수가 된 드 모르간의 입장이 편했을 리 없었다. 수학에 대한 비판적 견해가 팽배한데다, 정작 UCL에는 수학 공부를 위한 아무런 유인이 존재하지 않았기 때문이었다. 이는 학생들의 성향과도 연결되는 문제였다. UCL에 입학하는 학생들과 케임브리지대학이나 옥스퍼드대학을 지원하는 학생들은 종교 면에서나 학업의 목표 면에서 각기 서로 다른 부류에 속해 있었다. 우선 UCL의 학생들 중에는 비국교도나 유대교 등 기타 종교를 가진 이들이 상당수를 차지하고 있었다([9], pp.47–59). 이는 국교도가 아닌 경우 케임브리지대학이나 옥스퍼드대학에서 학위를 받기가 수월하지 않았기 때문이었다. 당시 옥스퍼드대학에서는 국교회 신앙 선서를 하지 않는 자들에게는 입학 자체를 허용하지 않았다. 케임브리지대학의 경우에는 국교회 신앙 선서 없이도 입학해서 공부하는 것이 가능하긴 했지만, 이후 장

---

8) 드 모르간이 로크의 철학으로부터 받았던 영향에 대해서는 ([45], pp.212–216)를 참조할 것.

학금이나 졸업 학위, 그리고 펠로의 직을 얻는 과정에서는 국교도가 아닌 경우 철저하게 배제되었다. 결국 19세기 중반까지도 UCL에 입학해서 공부한다 하더라도 국교도가 아닌 경우에는 케임브리지대학으로의 진학 자체가 힘들었으므로, 그 곳에서 중시되던 수리 과학 분야의 공부에 대한 유인이 그리 크지 않았다고 할 수 있었다.

학생들 중에 이미 직업을 갖고 있는 이들이 교양 교육이나 실용 교육의 차원에서 강의를 수강하는 경우가 많았던 것도 UCL의 독특한 측면이라 할 수 있었다. 대학을 거치지 않고 직업 세계로 뛰어든 이들이 UCL의 야간 강의를 통해서나마 대학의 교양 교육을 접해보려 했던 것이다. 그런데 당시에는 수학이 직접적으로 필요한 직업 분야가 많지 않았으므로 이미 직업을 가지고 있는 이들이 어려운 수학 공부를 열심히 해야 할 필요는 거의 없었다. 더구나 이들이 수학을 배워서 직업을 바꿔 전문적인 수학 연구자 및 자연철학 연구자가 될 거라고 기대하기는 힘들었다. 결국 초기 UCL에는 수학 공부를 위한 유인이 거의 존재하지 않았다고 볼 수 있었다.

이런 상황이었으므로 UCL에 입학하는 이들 가운데 수학 기초 실력을 튼튼하게 기르고 입학하는 이들은 많지 않았다. 우선 UCL에는 전통적인 두 대학의 기숙사 비용을 충당하기 힘든 이들의 자녀들이 많았는데, 이는 학생들 중에 비싼 사교육을 통해 상당한 수준의 수학 교육 지식을 쌓고 입학하는 이들이 많지 않았음을 의미했다. 더구나 19세기 초 중등 수준의 수학 교육의 상황은 매우 열악했다. 당시에는 아직 수학이 정규 교육 과정에서 분명한 자기 자리를 차지하지 못하고 있었다. 대학 이전의 대표적인 중등 교육 기관이었던 사립학교(public schools)나 문법 학교(grammar schools)에서조차 수학 수업 시간은 교사의 관심에 따라 선택적으로 할당되었다. 또한 교육되는 경우에도 대개는 초보적인 산술과 기하학 교육에 머물러 있었다.([10], p.22, [15], pp.23–24) 뿐만 아니라 당시에는 아직 수학 교사들을 양성하기 위한 전문적인 교육 기관도 설립되지 않은 상태였다([17], pp.142–145). 따라서 교사들 자신부터가 수학 개념이나 공식의 진정한 의미를 제대로 이해하지 못하는 경우가 많았다. 결국 교사들은 수학의 원리를 가르치기보다는 공식을 암기하게 하거나, 그 공식을 책에서 주어진 방식대로 문제에 응용하도록 연습시킬 수밖에 없었다.[9] 이런 현실 속에서 UCL에 입학하는 학생들의 수학 실력은 매우 저조한 수준이었다고 할 수 있었다.

이러한 UCL 학생들의 기초 자질의 문제는 드 모르간에게 큰 고민을 안겨줄 수밖에 없었는데, 이는 학생들이 수학 공부를 하면서 느끼는 어려움들을 해결해주고자 집필했던 『수학 공부와 그 어려움에 관하여(*On the Study & Difficulties of Mathematics*)』(1831)에서 잘 나타났다. 실제 학생들에게 수학을 가르쳐보고 난 뒤에 집필된 이 책에서 그는 어린 학생들이 수학 공부를 하면서 드러내 보이는 여러 가지 습성들 및 태도들을 자세하게 설명하였다.

9) 수학 교육의 상황은 19세기 중엽에 '왕립 조사 위원회 Clarendon Commission'가 구성되어 초·중등 수학 교육의 실태에 관해 조사할 때까지도 크게 변화되지 않았다([40], p.89).

이것이 그가 실제 학생들을 가르치면서 깨닫게 된 내용이었음은 충분히 짐작할 수 있는 것이었다.

> “몇 마디로 진술될 수 있거나 간단한 연산들을 통해 이끌어낼 수 있는 결론은 참인지 알지만, 길어지면 무조건 난해한 것으로 여기는 것이 수리 과학을 공부하는 어린 학생들의 특징이다. … 우리가 보기에, 이런 태도는 그가 이전에 공부할 때 길러진 습관에서 기인하는 것 같다. 어린 시절부터 그 자신이 직접 관찰해서 어떤 사실도 배운 적이 없고, 그 자신이 직접 사고해서 어떤 사실을 이끌어낸 적도 없다. 심지어 조금만 생각하고 계산해보면 본인이 스스로 만들어낼 수 있는 산술 계산표조차도 다 만들어진 상태로 주어지니까 그대로 외우기만 하면 된다고 생각한다. 그래서 고찰하고 검토하는 습관이 갖춰져 있지 않으며, 자신이 추천받은 책에서 특정 규칙을 발견할 수만 있다면, 그 이외의 다른 어떤 근거가 없어도 그 앞에 놓인 규칙은 맞는 것으로 받아들일 준비가 된 채 대수 공부를 시작하게 된다. 학생들은 암기하고 응용해야 하는 규칙이 많을수록 그에 비례해 어렵다고 생각하고, 그 규칙이 어떤 종류의 사고 과정에 기반을 둔 것인지에 대해서는 생각하지 않는데, 이러한 태도가 그리 놀라운 일은 아니다 ([21], p.62).”

학생들을 직접 가르치고 경험하면서 학생들이 수학을 그저 공식으로 외우고 응용할 뿐, 논리적인 사고 과정을 통해 이해하고 접근하지는 않음을 깨닫게 되었는데, 이는 기존의 수학 교육 방식으로는 이들을 제대로 교육시키기 힘들다는 것을 의미했다.

3.2 자연철학 교육의 특징들

더구나 수학과 인접 분야였던 자연철학 분야의 성격 역시 수학 교수에게 어려움을 안겨 주었다. 자연철학 초대 교수직에는 자연철학의 분야들을 포함하여 수학 지식에 박식했던 라드너(Dionysius Lardner)가 임용되었다([9], pp.130–133). 이후 그의 교육 과정 안에는 케임브리지대학의 수학졸업시험에서 중요하게 다뤄지던 혼성 수학 및 수리 물리 과학의 분야들이 모두 포함되었다. 그의 자연철학 정규 과정은 전체 2년 과정으로 이루어져 있었는데, 그의 강의를 수강하는 것은 미리 수학 교수의 수학 수업을 듣고 산술, 기하, 그리고 대수의 일정한 지식을 습득한 학생들에게만 허락되었다. 또한 일부 내용 중에는 고등 수학 강의를 수강한 학생들에게만 제한되었던 분야들도 함께 포함되어 있었다([6], pp.52–61). 그만큼 처음에 그의 자연철학 정규 강의는 수리 과학의 성격을 많이 지니고 있었고, 상당히 높은 수준으로 구성되어 있었다고 할 수 있었다.

그런데 교수들의 급여가 학생들의 수강료로 결정되었던 UCL의 제도 속에서, 라드너가

정규 수리 자연철학 강의만으로 일정한 수준의 급여를 확보하는 것은 쉬운 일이 아니었다. 우선 자연철학 정규 강의를 수강하기 위해서는 그 전에 먼저 수학 강의부터 수강해야 했으므로, 처음부터 자연철학 강의에 일정수의 학생들이 들어오리라고 기대하기는 힘들었다. 더구나 UCL에서는 케임브리지대학의 졸업수학시험에서 중시되던 수리 자연철학 공부를 위한 유인이 거의 존재하지 않았다. 이런 상황에서 어려운 수리 자연철학 강의를 수강하는 학생들이 많을 리 만무했다. 결국 라드너는 임용 이후 수리적 성격의 자연철학 정규 강의를 계획하면서도, 다른 한편으로 실험적 경향의 야간 대중 강의를 함께 계획하기 시작했다.

라드너의 야간 대중 강의에는 수학 사전 지식이 없는 이들도 들을 수 있도록 기존의 실험 과학의 내용과 함께 당시에 관심을 모았던 과학적 발견이나 기계 및 기술적 성취들이 모두 포함되었다. 그의 자연철학 대중 강의는 크게 천문학, 역학, 수력학, 기체역학, 광학, 그리고 열에 관한 분야로 구성되었는데, 가령 기체역학의 경우, 공기의 무게나 압력, 혹은 탄성 등에 대해 다루면서도, 기압계나, 공기 펌프, 공기 총, 풍선, 잠수 종, 그리고 탄산수병 등 다양한 기구들을 적극 활용하였다. 또한 천문학의 경우에서 드러나듯, 강의의 내용에는 일반인들이 궁금해할만한 평이한 주제들이 많았다. 가령 "하늘-왜 파랗게 보이나", "별은 낮에는 어떻게 보이나", "망원경으로 확인하는 항성과 행성의 차이", 그리고 "태양의 위치 변화에 따른 효과-봄, 여름, 가을, 겨울에 관한 설명" 등의 주제들은 굳이 복잡한 수리 자연철학의 논의들을 이용하지 않고도 쉽게 설명될 수 있는 것들이었다. 뿐만 아니라 그는 실용적인 문제들도 빼놓지 않았다. 가령 천문학의 강의 내용에는 "항해에서의 천문학의 사용, 육분의를 가지고 관찰하는 방법, 바다에서 위도 찾기, 시간 찾기, 극으로부터 자석 바늘이 어느 정도 휘는지 결정하기, 바다에서 고도 결정하는 방법" 등 실제 항해 시에 응용할 수 있는 내용들이 적절하게 포함되어 있었다([7], p.61).

이렇듯 실험적 · 실용적 성격의 자연철학 대중 강연을 기획하고 있었으므로 효과적인 강의를 위해 라드너는 교수로 임용된 직후부터 실험 기구 및 모형 등을 구입하는 데 큰 관심을 기울였다. 그는 1827년 자연철학 교수로 임용되자마자, 자신의 대중적 · 학문적 인지도를 발판 삼아 신생 UCL 측에 자연철학의 효율적인 교육을 위한 실험실 및 실험 기자재 구입의 필요성에 대해 역설하였다. 그에게 신뢰를 보내고 있던 UCL 측은 그의 주장을 적극적으로 수용하여 첫 기자재 마련 비용으로 200파운드의 예산을 허락하였다. 이에 라드너는 기존의 기구들을 구입하는 데서 더 나아가, 뛰어난 실력을 지닌 기구 제작자들을 고용하여 교육적 목적에 적합하도록 여러 가지 기구 및 모형들을 새롭게 고안하여 제작해 나갔다. 시간이 흐르면서 자연 철학 분야의 기구 및 모형 마련을 위한 예산은 점점 더 증가되었다. 1827년 말에는 기자재를 들여놓고 실험 실연을 할 수 있는 공간이 마련되었고, 1828년 5월에는 라드너의 실험 조수로 커비(Mr. Kirby)가 채용되었다. 초기 UCL의 실험실은 영국의 어느 곳보다도 훌륭한 수준이었다고 할 수 있었다([36]). 이 모든 것이 UCL의 지원이 있었기에

가능했던 일이었다.

이렇게 준비되어 시작된 자연철학 대중 강연은 선풍적인 인기를 끌었다. 1828년 10월 28일에 이루어진 그의 첫 강연 "일반적이고 전문적인 교육의 한 분야로서의 자연철학과 천문학의 가치에 대한 논의(A Discourse on the Advantages of Natural Philosophy and Astronomy as part of a general and professional education)"는 다음 날 『모닝 클로니클(*The Morning Chronicle*)』을 통해 소개되었는데, 매우 성공적이라는 평가를 받았다([9], p.131). 그의 자연철학 초대 강연은 2회에 걸쳐 이루어졌는데, 두 번째 강연에서는 그가 이후 강의에서 사용할 실험 기구 및 기계, 그리고 각종 모형들을 전시하면서 그 사용법과 이점 등을 자세히 설명하는 데 집중하였다([43], pp.iii–iv). 그의 자연철학 기구들은 크게 공기펌프나 전류계 같은 물리 과학 실험 기구들, 전시에 적합하게 비율을 조정한 기계 운전 모형, 전시에 적합하게 조정한 목제 관찰 기구 모형, 그리고 부분 모델의 네 가지로 나눌 수 있었다([9], pp.130–131, [6], pp.28–29), [7], pp.224–225). 이 중 1의 기기들은 주로 일반적인 대중 실험 과학 강연에서 사용되던 것들이었다. 하지만 2, 3, 4는 판매하지 않는, 즉 강연자의 의도에 맞춰, 강연에 적합하도록 기기 제작자와 함께 별도로 고안, 제작해야만 하는 것들이었다. 이러한 점들을 통해 그가 본인의 자연철학 강연을 위해 얼마나 준비하고 노력했는지를 짐작할 수 있을 것이다. 당시 런던 시내에 실험 과학에 관한 대중적 관심이 크게 증가되고 있었음을 감안할 때, 두 번째 강연 역시 사람들의 큰 관심과 호응을 불러 일으켰을 것을 충분히 짐작할 수 있을 것이다. 이후 그의 야간 대중 강연에는 많은 사람들이 몰렸으며, 강연은 매우 긍정적인 평가를 받았다. 이에 힘입어 1830-31년 회기에는 야간 대중 강의들이 더욱 늘어났다([7], pp.59–64). UCL의 자연철학과의 역사를 집필했던 포터(A. W. Porter)는 라드너의 자연철학 수업을 설명하면서, 그가 강의하는 주제들 대부분이 기구 및 모형을 이용한 실험을 통해 성공적으로 증명되고 설명될 수 있었다고 주장하였다([9], pp.130–131). 이는 그가 구입 제작한 자연철학 기구들을 감안할 때 충분히 납득이 가는 일이었다.

이렇듯 라드너가 점점 더 실험적이고 실용적인 경향의 자연철학 대중 강연에 집중하고 그의 대중 강연들이 학생들의 큰 호응을 이끌어내면서, 상대적으로 혼성 수학 및 수리 물리 과학의 내용들로 구성된 그의 수리 자연철학 강의는 학생들의 관심으로부터 점차 멀어져가기 시작했다. 이미 다양한 자연철학 기기를 통해 실험적, 실용적 자연철학을 접한 학생들에게 수리 자연철학의 내용들은 더욱더 어렵게 다가왔던 것이다. 수학 졸업시험 등의 수학 시험을 위해 어려운 수리 과학의 분야들을 공부해야 했던 케임브리지대학의 학생들과는 달리, UCL 학생들에게는 어려운 수리 자연철학 공부를 해야 할 유인이 별로 없었다. 결국 1831년 하반기에 이르면, 그의 자연철학 정규 강의에 수강 신청을 하는 학생이 단 8명뿐인 상황에 이르렀다([36]).

당시 대학에서는 수학이 수리 자연철학 공부를 준비하기 위한 예비 과목으로 정당화되는 경향이 있었다. 그런데 UCL의 경우 자연철학 강의가 실험적이고 실용적인 방식으로 흐르고 있었기 때문에, 드 모르간은 수학 교육의 가치 그 자체부터 다시 설득해야 하는 입장에 처하게 되었다. 그의 고민은 1831년 학기에 UCL에 수학, 물리학, 그리고 화학 강의가 개설되는 것을 축하하여 교양 과정 교수들을 대표해 연설한 두 번째 강연에서 잘 드러났다. 그는 "과학 기초 교육에 대한 의견(Remarks on Elementary Education in Science)"이라는 제목으로 행한 강연에서 자연 철학을 포함한 과학 분야의 기초가 다른 무엇도 아닌 수학임을 강조하면서 강의 대부분을 수학에 대한 논의에 할애하였다. 그는 실험 및 관찰만을 통해 과학을 배우는 데는 한계가 있으며, 자연 과학 분야의 연구에도 수학과 마찬가지로 수학적인 이론적 사고 및 논증이 요구됨을 강조하였다([19], pp.5–6). 과학을 제대로 공부하고 진정으로 발전시키기 위해서는 수학을 배워 과학 분야들에 수학적으로 접근할 필요가 있다는 것이었다([19], p.10). 이는 물론 기존의 자연 철학 강의가 너무 실험적이고 경험적이며 흥미 위주로 진행되었던 점을 비판한 것이라고 할 수 있었다. 엄밀한 논리적, 수학적 증명에 익숙하지 않은 학생들은 수학적 증명이 거추장스럽고 불필요하다고 여기며 시각적인 효과가 분명한 실험에 더 큰 신뢰를 두지만, 실험 시연이 아무리 그럴듯해 보이고 흥미를 불러일으킨다 하더라도, 실험만으로 자연 과학의 지식을 곧바로 이해할 수 있게 되는 것은 아니라고 주장하였다([19], pp.15–16).

그런데 그가 보기에 학생들이 수학을 어려워하고 기피하며, 그 대신 실험적이고 경험적인 과학을 선호하게 되는 근본 원인은, 기본적인 수학 교육이 제대로 이루어지지 않아 학생들의 기초 수학 지식이 부족한 데 있었다. 수학을 너무 늦게 가르치는 데다 제대로 가르치지 않아서 학생들이 어렸을 때부터 잘못된 사고 습관을 가지게 된다는 것이었다([19], p.11). 깊이 있는 수학적 사고 및 논증 습관이 길러지지 않은 상태에서 흥미로운 과학적 사실들을 얻게 되면, 그저 거기에 안주할 뿐, 더 나아가 그러한 과학적 사실들을 통해 추론될 수 있는 수학적인 법칙 등에 대해서는 관심을 기울이지도, 제대로 논의를 이끌어내지도 못한다고 생각했다([19], pp.11–17). 결국 학생들을 직접 가르쳐보고 그들의 수준이나 성향을 파악하게 된 그는 모든 것의 원인이 수학 교육의 문제에 있다고 생각하게 되었고, 그 문제를 해결하기 위해 고민하기 시작했다([19], p.25).

4 수학 교육에 대한 본격적인 관심

드 모르간은 UCL에서 수학에 관심을 보이지 않는 학생들에게 수학이 어떤 학문이며, 왜 배워야하는지를 설명하면서, 그리고 기본적인 논리적 사고력조차도 부족한 어린 학생들을 직접 만나 가르치기 시작하면서 근본적인 수학 교육의 문제에 대해 눈뜨기 시작했다. 그리고 수학의 가치를 자연철학으로의 응용의 측면에서 정당화하기 힘들었던 상황에서, 무엇

보다도 수학의 기본 원리 및 개념들을 학생들에게 명확하게 설명하고 이해시키는 문제에 집중하기 시작했다. 이러한 태도는 그의 수학 교재들에서, 그의 강의실에서, 그리고 시험을 대하는 태도 등에서 그대로 드러나는 것이었다.

4.1 수학적 개념과 원리에 집중

앞에서도 살펴보았듯이, 드 모르간이 UCL의 수학 교수로 부임했던 1820년대 말에는 기초 수학 교육의 수준이 매우 열악한 상황이었다. 이런 상황에서 드 모르간은 런던 대학 학생들을 직접 가르쳐보고 난 뒤인 1830년에 산술에 관한 교재, 『산술의 원리(*Elements of Arithmetic*)』(1830)를 출판하였다. 산술은 수학 강의에서 반드시 포함되고 가장 먼저 교수되는 부분인데다, 당시 UCL 학생들의 수준을 감안할 때 고등 수학의 분야들보다도 먼저 이 분야의 교육에 가장 먼저 관심을 기울였을 것을 짐작할 수 있다. 당시 드 모르간의 강의실에서 구체적으로 어떤 내용들이 교수되었는지를 구체적으로 확인하기는 쉽지 않지만, 『산술의 원리』는 UCL에서 학생들을 1년 이상 가르치고 난 뒤에 곧바로 집필된 책이었으므로, 이 책의 내용을 통해 당시 드 모르간의 수학 교육의 측면들을 어느 정도 짐작해볼 수 있을 것이다.

우선 그는 이 책에서 기존의 산술 연산들이 "암기해야 할 규칙들로 간주"되는 것에 대해 비판하면서, 산술의 여러 규칙들을 있는 그대로 받아들이고 응용하도록 하기보다는, 논리적인 "사고 및 추론을 통해 제시"하고자 노력하였다([20], p.iii). 즉, 산술의 연산 규칙들 아래에 깔려 있는 원리들을 자세히 설명하면서 그러한 연산들이 어떤 논리적 과정을 통해 이루어지는지를 보이고자 했던 것이다. 그의 시도는 당시 대표적인 산술 교재였던 보니캐슬의 산술 교재, 『산술 지침서(*The scholar's guide to arithmetic; or a complete exercise-book for the use of schools*)』와 비교해볼 때 잘 드러났다. 가령 보니캐슬의 경우, 덧셈을 설명할 때 자세한 설명 없이 규칙을 설명하고 암기하도록 한 뒤 곧바로 구체적인 예제들로 넘어가고 있었다. 또한 증명 과정 역시 덧셈의 원리를 이용해 합의 과정을 설명하기보다는 검산하는 수준에 머물렀다([10], pp.4–6). 하지만 드 모르간의 경우는 확실히 보니캐슬의 방식과는 달랐다. 가령 덧셈 연산의 경우, 드 모르간은 구체적인 덧셈 계산 규칙을 설명하기 위해 우선 자릿수의 개념에 대해 몇 페이지에 걸쳐 자세하게 설명한 뒤 그러한 구체적인 덧셈 계산이 무엇을 의미하는지를 두 수의 합의 경우를 예로 들어 자세하게 설명하였다. 그런 다음 보니캐슬과는 달리 임의의 수의 경우로 확장하여 기호를 사용한 대수 연산으로 나아갔다([20], pp.19–21).

또한 드 모르간은 학생들의 이해를 돕기 위해 자칫 어렵거나 낯설 수 있는 수학 기호들은 최대한 추상적이지 않은 방식으로 사용하는 한편, 중요한 수학적 개념이라면 엄밀하고 논리적인 논의를 통해 되도록 빠른 시일 내에 그 개념에 익숙해질 수 있도록 배려하였다.

이를 위해 가령 보니캐슬이 비례라는 주제와 관련하여 등차수열이나 등비수열을 어떻게 다루었는지를 살펴보자. 보니캐슬은 간단한 비례(proportion) 문제를 "셋의 법칙(The Rule of Three)"이라고 명명하면서 아무런 설명없이 그것이 "어떤 수(number)와 세 수 중 어떤 수 사이의 비가 나머지 두 수 사이의 비와 같아지도록 하는 어떤 수를 찾는 방법"이라고 설명하였다. '비례(proportion)'라는 개념은 원래 기하학적인 양(quantity) 사이의 관계를 논할 때 사용되는 개념이었는데, 보니캐슬은 아무런 양해나 설명 없이 그 개념을 ' 수(number) '에 적용하여 논하였다. 그러면서 곧바로 문제를 푸는 규칙을 설명한 뒤 66개의 예제 문제들을 제시하였다([10], pp.60–66). "복잡한 비례 문제"라고 명명한 섹션에서는 심화 과정으로 등차수열과 등비수열의 경우를 다루었는데, 이 경우에도 개념에 대한 설명은 보이지 않았다. 가령 등비수열의 경우, 그는 그것을 둘이나 셋 혹은 넷과 같은 한정된 수량들 사이의 관계 속에서 정의 내렸는데, 가령, "세 항이 등비수열을 이루는 것은 첫 번째 것이 두 번째 것과 같거나 배수가 되고, 마찬가지로 두 번째가 세 번째에 대해 같은 관계를 만족하는 경우"에 해당한다고 설명하였다. 그런 다음 "다섯 개의 항 중에 어떤 세 개를 알고 있는 경우, 나머지도 찾을 수 있다"고 설명하면서, 첫 번째 항과 공비, 그리고 합 등을 구하는 공식들을 아무런 구체적인 설명 없이 학생들에게 제시하였다([10], pp.66–68, 191–193).

"a = 첫 번째 항, = 마지막 항, n = 항의 개수, r = 공비, 그리고 s = 모든 항의 합 일 때; 등비수열에서 나타날 수 있는 다양한 모든 경우의 문제들은 아래의 정리를 통해 풀 수 있다;

1. $l = ar^{n-1}$
2. $a = \dfrac{l}{r^{n-1}}$
3. $s = a\left(\dfrac{r_n - 1}{r-1}\right) = \dfrac{ar^n - a}{r-1}$; or $s = \dfrac{rl-a}{r-1}$.
4. $r = \left(\dfrac{l}{a}\right)^{\frac{1}{n-1}}$
5. $n = 1 + \dfrac{\log l - \log a}{\log r}$."

이에 반해 드 모르간의 경우, 중요한 수학적 개념들을 보다 엄밀한 논의를 통해 학생들에 자연스럽게 소개하기 위해 노력하였다. 가령, 등차수열을 설명하면서는 일반적으로 어떤 문제에서 두 수가 등장할 때 그 두 수를 서로 비교해야 하는 경우가 생긴다고 이야기하면서, 두 수 사이의 관계가 다른 두 수에서도 적용될 때 네 수를 "등차 비례arithmetic proportion"의 관계에 있다고 말한다고 설명하였다. 그런 다음 수의 집합 혹은 열의 모든 연속하는 두 항 사이의 차가 동일할 때 그것을 "등차 연비례(continued arithmetical proportion)" 혹은 "등차 수열(arithemetical progression)"이라고 부른다고 설명하면서 연속이나 수열 등의 개념을 자연스럽게 소개하였다([20], pp.100–101). 그런 다음 등비수열의 주제로 넘어가서는 등비수열의 급수를 설명하면서 "극한"의 개념을 자연스럽게 꺼내었다. 보니캐슬이 등비수열의 급수의 공식을 이야기하면서도 공비 r의 값의 조건에 대해서는 별다른 언급을

하지 않았던 것에 반해, 드 모르간은 공비 r이 1보다 작은 경우에 관해 해당 등비수열의 급수가 특정 값에 가까워지는 경우와 그렇지 않은 경우를 설명하면서 아래와 같이 극한의 개념을 소개하였다([20], pp.114–116).

> "다음의 수열에서
>
> $$1 \quad r \quad rr \quad rrr \quad rrrr \quad \&c.$$
>
> I. 만약 r이 1보다 크면 증가하는 수열, II. r이 1이면 항들이 모두 같은 값을 가지는 수열 III. r이 1보다 적으면 감소하는 수열. 처음 두 경우의 수열의 급수 $1+r+rr+rrr+\&c.$은 항의 수를 충분히 증가시킬 때 원하는 만큼 커질 수 있다. 하지만 세 번째 경우에는 그럴 수도 있고 그러지 못할 수도 있다; $\cdots$ 간단한 예로 다음의 급수를 살펴보자.
>
> $$1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\frac{1}{16}+\quad \&c$$
>
> 이 수열의 항을 어디까지 더한다 하더라도 2가 되도록 하기 위해서는 마지막 항을 항상 더해야 한다.
>
> $$\left(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}\right)+\frac{1}{4}=1+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}=1+1=2$$
> $$\left(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}\right)+\frac{1}{8}=2$$
> $$\left(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\frac{1}{16}\right)+\frac{1}{16}=2, \quad \&c.$$
>
> 모든 항은 항상 이전 항의 반이 되고, 그 결과 어떤 항이 아무리 크더라도 하나를 더 더해서 2보다 더 크게 만들 수는 없다. 그러므로 수열 $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \&c.$의 급수는 2에 도달하지는 않으면서 2와의 거리를 줄여 나가며 계속해서 2에 접근해 간다. 여기서 2를 $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\frac{1}{16}+\&c$ 의 극한(limit)이라고 부른다. 하지만 감소하는 모든 수열의 급수가 극한을 가진다고 결론지을 수는 없다. 그 반대 사례를 다음의 간단한 급수, $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\&c$에서 살펴볼 수 있다.$\cdots$ 이 수열의 급수는 극한을 지니지 않는다. "

그는 학생들이 수학 공부를 늦게 시작해서 어렵게 느끼는 것을 매우 안타까워하고 있었다. 따라서 필요하고 중요한 개념이라면 적당한 기회에 일찍 소개하여 중요하지만 낯선 용어 등에 미리 익숙해지도록 하는 것이 효과적이라고 생각하였다. 만약 그가 응용의 측면에 더 큰 비중을 두었다면, 보니캐슬처럼 실용적인 문제들을 다루거나, 되도록 많은 유용한 공식들을 제시하여 단시간에 외우게 하고 응용하는 연습을 시켰을 것이다. 하지만 그는 그보다는 수학의 개념들을 명확하게 이해시키기 위해 노력하였고, 이를 위해 많은 지면을

할애해 다소 지루할 정도로 자세하게 설명하였다([34], pp.100–101).

드 모르간의 산술 교재가 연산 규칙의 논리적인 원리들을 설명하는 데 치중해 있었던 점은 그의 제자 허튼(Richard Hutton)의 회고를 통해서도 잘 드러난다. 드 모르간의 부인과 함께 『산술의 원리』에 대해 이야기하면서 허튼은 그 책이 "영국의 기초 교육의 역사에서 새로운 시대를 열기 시작"한 책이라고 평가하였다. "드 모르간의 모든 책들이 그랬던 것처럼 그 주제의 보다 기술적인 측면들보다는 다양한 규칙들이 증명되는 논리적인 과정을 설명하는 데 더 많은 지면과 노력을 할애"하였다는 것이었다([34], p.54). 드 모르간의 자칫 지루할 만큼 반복되는, 산술 연산의 원리에 대한 자세한 설명은 분명 허튼의 설명에 대해 고개 끄덕이게 하는 것이었다.

1831년에는 기초 수학의 내용에 어느 정도 익숙한 이들을 대상으로 대수학과 기하학의 중요한 원리들을 설명하기 위해 『수학 공부와 그 어려움에 관하여(*On the Study & Difficulties of Mathematics*)』를 집필하였다. 그런데 이 책은 대수학과 기하학의 모든 내용들을 담은 교과서가 아니었다. 그는 이 책을 기초 수학을 가르치는 교사들이나 수학적 지식을 어느 정도 갖춘 학생들을 대상으로 썼다.[10] 이들에게 대수학과 기하학을 처음부터 제대로 가르치려는 의도에서가 아니라, 기존의 수학 교육에서 제대로 다루지 않지만, 대수학과 기하학을 제대로 이해하기 위해서는 반드시 알아야 할 원리들에 대해 설명하기 위한 것이었다. 따라서 가령 대수학의 경우에는 대수적 기호들이나 음수 및 복소수의 문제들에 집중해서 그것들을 논리적으로 어떻게 이해해야 하는지를 설명했고, 기하학 부분에서는 기하학적인 명제와 논증 과정들이 얼마나 논리적인지를 아리스토텔레스의 삼단논법의 경우와 비교하여 구체적으로 설명하였다.[11] 이 책의 내용대로 UCL 학생들을 지도했는지의 문제는 현재로서는 명확하게 확인하기 힘드나, 학생들에게 수학을 가르치면서 무엇보다 기본적인 개념 및 원리들을 논리적으로 이해시키려 노력했던 것은 충분히 짐작할 수 있을 것이다.

10) 그는 1년의 특정 시기 동안에는 학생들을 위한 정규 강의 외에 교사들을 위한 강의를 저녁 시간에 진행하였다([34], p.98).

11) 이 책에서 드 모르간은 음수와 복소수에 관하여 설명하면서, 어떤 문제에서 그것들이 나타나면 그것은 원래 문제에 불합리하고 잘못된 부분이 있었거나 연산 과정에 실수가 있었음을 의미하는 것이라고 설명하였다. 드 모르간은 대수학이 매우 논리적인 분야임을 강조했고, 따라서 음수와 복소수는 참된 수학적 논의의 대상으로 받아들이지 않는 모습을 보였다. 하지만 이러한 태도는 1830년대 중반, 워렌(J. Warren)과 피콕(G. Peacock)의 대수 교재들을 재해석하면서 변화되기 시작했다. 그리고 달라진 그의 견해는 이후 1847년의 『삼각법과 이중 대수』에서 음수와 복소수를 포함하여 모든 대수적 연산들을 기하학적으로 완전하게 설명했던 성취로 이어질 수 있었다. 한편, 1831년의 교재에서 기하학을 설명하는 부분에서는 기하학적 논의들을 아리스토텔레스의 삼단논법에 적용하여 기호화하는 작업을 선보였는데, 이후 이러한 방식은 피콕의 기호 대수의 영향 속에서 1849년 논리적인 언명들을 완전히 기호화했던 『형식 논리(*Formal Logic: or, The Calculus of inference, necessary and probable*)』의 성과로 나타날 수 있었다.

4.2 수학 교육 일반에 대한 관심

수학 교육에 본격적으로 관심을 기울이기 시작하던 중 드 모르간은 1831년에 개인적 신념의 문제로 UCL의 수학 교수직을 돌연 사임하게 되었다.[12] 하지만 수학 교육과 관련이 없는 문제로 사임한 것이었으므로, 교수직 사임 후에도 그의 수학 교육에 대한 관심은 시들지 않았다.[13] 오히려 이 시기에 수학 교수직을 사임하고 시간적 여유가 생기면서 드 모르간은 수학 교육의 일반적인 문제들에 대해 보다 본격적으로 관심을 기울이기 시작했다. 이는 그가 UCL을 사직한 이후 집필한 저술 목록들을 살펴봐도 잘 드러났다. 사임 이후 전문 학술 저널에 논문을 기고하기도 했지만, 1831년에서 1836년 사이에 가장 많은 글을 기고했던 저널은 단연『교육 계간지(*Quarterly Journal of Mathematics*)』였다.『교육 계간지』는 UCL의 설립자들이 대거 함께 했던 SDUK에서 창간한 교육 저널이었다. SDUK의 이상에 공감했던 드 모르간은 수학 교수직을 사임한 이후 이 저널에 많은 관심을 기울였고, 매 호마다 수학 교육에 관한 다양한 글들을 기고하였다. 그 결과, 1831년 이 잡지가 창간될 때부터 1836년 폐간될 때까지 전 10권에 걸쳐 그가 기고한 글만 33편에 이르렀다.

이러한『교육 계간지』에서 그가 많은 관심을 기울였던 분야 가운데 하나는 학생들에게 기초 수학의 분야들을 효과적으로 가르치기 위한 방법에 관한 것이었다. 수학 분야를 제대로 공부하기 위해서는 먼저 기초 수학의 기본 개념들과 원리들을 이해해야 한다고 생각했기 때문이었다. 따라서 1831년과 1832년에 씌어 진 글들은 모두 수학의 가장 기초가 되는 산술과 기하 교육의 방법에 관한 것들로 이루어져 있었다.

- ″수학 교육에 관하여(On Mathematical Instruction)″, vol. 1 (1831)
- ″계산 편리를 위한 표(Notice of Tables for facilitating Calculation)″, vol. 1 (1831)
- ″유클리드를 위한 연습(A Preparation for Euclid)″ vol. 3 (1832)
- ″귀머거리와 벙어리들의 교육을 위해 도입된 몇 가지 방법에 대하여(On some Methods Employed for the Instruction of the Deaf and Dumb)″, vol.3 (1832)
- ″산술 교육에 관하여(On Teaching Arithmetic)″, vol. 5 (1833)
- ″분수 계산을 가르치기 위한 방법에 관하여(On the Method of teaching Fractional Arithmetic)″, vol 5. (1833)
- ″기하학의 원론을 가르치기 위한 방법에 관하여(On the Method of teaching the Elements of Geometry)″, vol. 6 (1833)

또한『교육 계간지』에서는 영국 전역에서 교육이 어떤 식으로 이루어지고 있는가의 문제

12) 1831년에 UCL 회의가 패티슨Pattison의 강의 실력을 문제 삼아 부당 해고하자 이것이 교수들의 자율권을 침해한다며 곧바로 사직서를 제출하였다([9], pp.209–212).

13) 드 모르간은 사임 이후 자신의 집에서 개인적으로 학생들에게 수학을 가르쳤다([34], p.53).

에도 큰 관심을 기울였다. 영국의 경우, 다른 국가와는 달리 교육이 국가 주도로 이루어지지 않고 개별적으로 이루어지고 있었다. 자연히 교육에 관련된 총괄적인 업무를 담당하고 조율하는 정부 중앙 교육 부서도 존재하지 않았다. 그 결과 지역별로, 종교적인 계파별로 각기 독립적인 교육 체제를 운영하고 있었다. 따라서 서로가 서로의 교육 방식이나 교육 시스템에 대해 무지한 경우가 많았다. 가령 영국의 가장 대표적인 두 대학이었던 케임브리지대학과 옥스퍼드대학에 관해서도, 교육 과정이나 교육 정책에 대한 정보가 부족한 상태였다. 이런 상황에서 어느 곳의 교육이 제대로 이루어지고 있는지, 혹은 어느 곳의 교육이 정체된 상황인지에 대해 종합적인 평가가 이루어지기는 힘들었다.

따라서『교육 계간지』는 각 대학의 교육 시스템과 구체적인 교육 과정 등을 조사하고, 각 기관들에서 교육과 관련하여 최근에 일어나고 있는 일들을 구체적으로 기록하는 것을 중요한 목표로 설정하였다. 그리고 다양한 교육 정보를 객관적으로 전달함으로써 보다 나은 교육 환경 개선을 위한 공감대를 조성하는 것을 목표로 삼았다. 그 결과 관심을 굳이 영국의 교육 기관에만 국한하지는 않았는데, 드 모르간 역시 다른 곳에서의 교육 상황에 관심을 기울여 여러 편의 저술들을 기고하였다. 그는 가장 먼저 에콜 폴리테크닉에 관심을 기울였고 (″Account of the Polytechnic School of Paris″, Vol. 1), 이후 왕립 해군 학교(″A Plan for Conducting the Royal Naval School″, Vol. 3)와 옥스퍼드대학(“State of Mathematical and Physical Sciences in the University of Oxford”, Vol. 4)에서의 교육에 대해 살펴보았다, 이 때 처음 두 개의 글을 보면 마치 일반적인 교육에 관련된 글처럼 보일 수 있다. 하지만 에콜 폴리테크닉이나 왕립 해군 학교에서는 무엇보다도 수학 및 수리 과학의 분야들이 강조되었다. 따라서 이 글들 역시 그의 수학 교육에 관한 관심을 반영하는 것이었다고 볼 수 있었다. 그리고 드 모르간이 직접 저술한 글은 아니었지만, 이 저널에는 케임브리지대학, UCL, 에딘버러 대학 등 영국의 다양한 고등교육기관으로부터 대영제국 식민지 교육기관에 이르기까지 다양한 기관들의 교육을 아우르는 글들이 게재되었다. 이를 감안할 때, 드 모르간은 이 저널을 통해 다양한 지역에서의 수학 교육의 방식과 상황을 어느 정도 이해할 수 있었을 것으로 보인다.

4.3 수학 교재에 대한 관심과 새로운 경향의 수학 교재의 집필

한편, 수학 교재에 많은 관심을 기울이고 있었던 드 모르간은 이 저널에 서평만 16편을 기고하였다.『교육 계간지』는 교재 리뷰에 큰 관심을 보였다. 유명한 대학들이나 학교들에서 교수되고 있는 수학 지식에 개선의 여지가 많았을 뿐만 아니라, 최근의 경향이나 교과서들에 대한 지식이 부족하여 중요한 주제들이 간과되는 경향이 있다고 보았기 때문이다. 따라서『교육 계간지』는 다양한 수학 교재들을 분석하여 리뷰하였고, 이를 통해 기존 교재의 장단점을 파악하고, 부족한 지식을 보급하는 것을 중요한 목표로 상정하였다. 드 모르간은 수리

표 1:『교육 계간지』에 실린 드 모르간의 서평 목록들

기초 수학	기하학	1. William Pinnock, *Catechism of Geometry and the First Principles of Trigonometry* (London, 1829), Q.J.E, vol. 1 2. George Darley, *A System of Popular Geometry* (London, 1830), Q.J.E, vol. 2 3. Rev. W. Ritchie, *Principles of Geometry familiarly illustrated, and applied to a variety of useful purposes* (London, 1833), Q.J.E, vol. 7 4. Thomas Perronet Thompson, *Geometry without Axioms* (London, 1833), vol. Q.J.E, 7 5. *The School and Family Manual, adapted for the Use of Preparatory Schools, and for Domestic Instruction. Vol. I. Conversations on Geometry* (London, 1833), vol. 6
	산술	6. Cunningham's Arithmetic, vol. 5
	대수	7. Bayley's Elements of Algebra, vol. 2 8. James Wood's Algebra vol. 3 9. Peacock's Treatise on Algebra, vol. 9
응용 수학	확률	1. Quetelet on Probabilities, vol. 4. 2. Elementary Works of M. Quetelet, vol. 7
혼성 수학 및 기타	역학	1. Rev. R. Walker, The Elements of the Theory of Mechanics (Oxford, 1830), *Q.J.E.* vol. 1 2. Young's Elements of Mechanics, vol. 4 3. Gravitation, Airy's article, Penny Cyclop., vol. 8
		4. Von Turk's Phenomena of Nature, vol. 4
		5. Busby's Catechism of Music, vol. 6

과학 분야의 서평을 맡아『교육 계간지』의 첫 권 첫 호부터 마지막 권까지 꾸준하게 서평을 기고하였다. 그런데 그가 서평을 쓴 책들은 주로 산술, 기하, 그리고 대수 등의 기초 순수 수학 분야들에 집중되어 있었다.[14](표 1 참조) 이는 수학 교육에 대한 그의 관심을 반영하는 것이라고 할 수 있었다.

한편, 교육 저널 등에 수학 교재를 리뷰하는 동안에도 수학 교재를 집필하고 출판하는 작업은 끊임없이 계속되었다. 그리고 이렇듯 다양한 교재 집필과 글쓰기를 계속하면서도 그의 수학 교육의 원칙은 흔들리지 않았다. 교재에서는 무엇보다도 수학의 기본 개념 및 원리들을 논리적으로 설명하고 이해시키는 데 집중하고 있었다. 그는 수학의 기초 개념들과 "중요한 원리들을 제대로 이해하고 소화하는 것이 반쯤 이해한 원리들을 구체적인 경우에 응용하는 기법을 익히는 것보다 훨씬 더 중요"하다고 보았다. 또한 되도록 빠른 시일 내에 수학의 원리들을 제대로 가르치는 것이 중요하다고 생각했다([34], p.100).

이러한 태도는 그가 집필한 대수학 교재『미적분학을 위한 대수의 원리(*The Elements of Algebra Preliminary of the Differential Calculus*)』(1835)에서도 잘 드러났다. 그는 형식적

14) 이 잡지는 저자들이 보다 더 자유롭게 자신의 교육관을 피력하고 각 기관들에 대해 객관적으로 평가할 수 있도록 하기 위하여 모든 글들을 저자를 밝히지 않은 채 실었다. 따라서 잡지만 보고서는 드 모르간이 집필한 글이 어떤 글인지 확인하기 어려운데, 다행히 드 모르간 사후 그의 부인에 의해 쓰여진 드 모르간의 전기를 통해 그가 위 저널에 기고한 글들이 어떤 것들이었는지를 확인할 수 있다([33], pp.401–415).

인 정의나 정리들로 들어가기 전에 다양한 사례들을 통해 대수학의 여러 개념들과 원리들을 충분히 이해할 수 있도록 노력하였다. 또한 식의 계산을 설명하는 경우에는 그저 공식만 제시하는 데 그치지 않고, 간단한 경우를 통해 그 식이 계산되는 논리적인 추론 과정을 설명함으로써 이후 보다 복잡한 경우에 적용하여 그 식의 계산을 이해할 수 있도록 배려하였다 ([25], p.xxix–xxx). 또한 대수학의 원리들을 자세히 설명하면서도 이후 미분법의 원리를 제대로 이해할 수 있도록 기초를 닦는 것도 잊지 않았다. 그는 미분에서 가장 중요하고 근본적인 개념이 극한이라고 보았는데, 이 개념이 대수학에는 배제되어 이른 시기에 적절한 곳에서 학생들에게 지도되지 못하기 때문에 학생들이 상당한 수준에 이르기까지는 자신이 무엇을 하는지도 모르게 된다고 주장하였다([25], pp.4–5). 따라서 그는 대수적 논의 과정에서 미분계수의 기초가 될 극한의 개념을 자연스럽게 끌어내었다.

가령 그가 제시한 다음의 문제를 살펴보자. 그는 극한과 관련된 개념을 도입하기 위해 일반적으로 $ab = 0$이고 $ac = 0$이면, $ab = ac$ or $b = c$라고 생각할 수 있다고 전제한 뒤, 구체적인 다음의 사례를 소개하였다.

> "$x - 2 = 0$이면 $x^2 - 4 = 0$이 되고, 또 $x^2 - 2x = 0$이 된다. 그러면 이 때 $x^2 - 4$와 $x^2 - 2x$는 같다고 할 수 있는가?"

만약 같다고 할 수 있다면, $x^2 - 4 = (x-2)(x+2)$가 되고 $x^2 - 2x = x(x-2)$가 되어서 $(x-2)(x+2) = (x-2)x$가 나온다. 이 때 양변을 $(x-2)$로 나누면, $x + 2 = x$ (식 1)가 된다. 하지만 가정에서 $x - 2 = 0$이라고 했기 때문에 $x = 2$가 되어야 하고, 식(1)에 대입하면 $4 = 2$가 되어서 모순이 발생한다. 여기서 드 모르간은 이 결과는 수학적 논증 과정 속에 불합리한 무언가가 있었음을 의미하며, 따라서 이 때 값이 0이 되는 $x - 2$로 방정식의 양변을 나눈 지점을 의심할 수 있다고 이야기하였다. 그러면서 $x - 2$가 0이 아니라 "매우 작은" 값을 가지는 것으로 가정해보자고 제안하였다. 이렇게 될 때, 앞의 논의는 다음과 같이 바뀌었다.

"$x - 2 = 0$이라고 하면	:$x - 2$가 원하는 만큼 작다고 하면
따라서 $x^2 - 4 = 0$	: 따라서 $x^2 - 4$도 원하는 만큼 작아질 수 있고,
그리고 $x^2 - 2x = 0$이면	: 그리고 $x^2 - 2x$도 원하는 만큼 작아질 수 있다.
따라서 $x^2 - 4 = x^2 - 2x$	: 따라서 $x^2 - 4$와 $x^2 - 2x$는 원하는 만큼 거의 같아지고
또는 $(x-2)(x+2) = x(x-2)$	: 또는 $(x-2)(x+2)$와 $x(x-2)$ 역시 거의 같아진다.
$x - 2$로 나누면, $x + 2 = x$	:$(x-2)$로 나누면, $x + 2$와 x는 원하는 만큼 거의 같아진다.
$x - 2 = 0, x = 2$이므로	: 따라서 x는 원하는 만큼 2에 가까워질 수 있는데,
따라서 $4 = 2$	: 이렇게 되면 4와 2가 원하는 만큼 거의 같아진다."

이 때, 둘$(x^2 - 4,\ x^2 - 2x)$ 사이의 차가 매우 작을 때 둘이 거의 같아진다고 한다면,

$(x-2)$로 나눈 뒤에도 그러할 것이라고 장담하기는 힘들다고 주장하였다. 가령 $x-2$를 $\frac{1}{1000}$이라고 가정하면 $(x-2)$로 나누는 것은 1000을 곱하는 것과 같아지므로, 그 때 둘 사이의 차가 원하는 만큼 작아진다고 보기는 힘들기 때문이었다. 그는 구체적인 수를 들어 이 문제를 자세히 설명한 뒤 a와 b가 거의 같아진다는 것은 a와 b의 차가 매우 작을 때보다는 a와 b의 비가 1에 가까워질 때라고 보아야 한다고 주장하였다([25], pp.151–153). 이를 통해 그는 다음과 같은 극한의 정의를 자연스럽게 이끌어내었다.

> “특정한 가정이나 조건 아래에서, A가 우리가 원하는 만큼 P에 가까이 가도록 만들 수 있을 때(A는 특정 조건에 따라 값이 변화하는 양이고, P는 조건과 상관없이 변화하는 않는 고정된 양일 때), P를 A의 극한이라고 부른다”([25], p.155).

이처럼 그는 가령 극한의 개념을 설명하는 경우에도 그냥 간단히 정의를 제시하는 방식을 택하지 않았다. 그는 그 개념을 설명하기 위해 대수적 문제들을 취급하면서 “원하는 만큼 크게”, “원하는 만큼 작게”, 혹은 “거의 같아지는” 등의 개념들을 엄밀하게 정의하였고, 이를 통해 극한의 개념들을 명확하게 이해시키려고 노력하였다. 그는 이 책에서 특히 대수와 같은 분야들을 공부할 때 가장 주의를 기울여야 하는 것은 “앞부분에서 너무 빨리 나아가지 않는 것”이라고 설명하였다. 흔히 학생들이 이 부분을 매우 쉽게 생각하는 경향이 있으나 이 부분이 실로 “매우 어려운 부분이며, 만약 학생이 그것을 깨닫지 못한다면, 그것은 그가 자신이 무엇을 하고 있는지를 제대로 이해하지 못하기 때문”이라고 주장하였다([25], p.5). 극한 개념의 경우에서도 잘 드러났듯, 그는 대수학의 여러 논의들을 설명하면서 그 구체적인 개념과 식의 의미를 제대로 이해할 수 있도록 하는 데 상당한 공을 기울였다.

이러한 미적분학에 대한 생각은 1842년에 출판된 미적분학 교재『미적분학The Differential and Integral Calculus』으로 연결되었다. 그는 이 교재에서 기존의 교과서의 방식을 따르지 않았다. 여기서 잠깐 당시 미적분학 논의의 상황을 살펴보자. 19세기 들어 프랑스의 해석적 미적분학이 도입되면서 케임브리지의 해석학회의 노력에 힘입어 수학 교육 과정에 점차 뉴턴의 유율법의 방식 대신 라그랑주의 무한 급수를 이용한 방식이 도입되기 시작했다.[15] 라그랑주의 방법은 기존의 미적분법이 무한소나 극한과 같은 논리적으로 설명하기 힘든 개념들에 기반해 있다는 비판을 극복하려는 과정에서 나타난 것이었다. 테일러 급수 $f(x+h)=f(x)+f'(x)h+f''(x)\frac{h^2}{2!}+\cdots$에서 h의 멱의 계수는 미분 또는 유율의 비를 갖고 있으며, 그 급수는 무한소와 같은 개념들을 언급하지 않고도 유도할 수 있다는 점에 착안하여, 라그랑주는 모든 함수가 그와 같이 무한 급수로 전개될 수 있다고 가정하였다.

15) 케임브리지대학의 해석학회의 설립과 이후 영국 대학의 대륙의 해석적 미적분학의 도입에 대해서는 다음을 참조할 것([3], pp.24–29).

그에게 미분법은 함수의 급수 전개를 통해 도함수들을 구하는 것이었고, 적분법은 그 도함수들을 통해 역으로 함수를 결정하는 문제였다. 하지만 모든 연속 함수가 라그랑주의 방식대로 전개될 수 있느냐에 관해서는 계속해서 논란의 여지가 있었다. 더구나 그의 방법은 미분과 적분의 의미에 대해 아무것도 제대로 설명해줄 수 없었다. 이런 가운데 1797년 라크로와는 라그랑주의 무한급수법을 극한 개념에 기반해 설명하였는데, 이후 1802년의 저서『기초 논거』를 통해 극한의 개념은 대륙에서 널리 퍼질 수 있었다 그런데 케임브리지대학의 해석학회가 1816년에 라크로와의 1802년판 저서를 번역하였음에도 불구하고, 그 과정에서 그들은 극한에 관한 논의를 생략하고 라그랑주의 방식을 이용해 번역하였다. 뉴턴의 유율법은 그 기하학적 방식으로 인해 효율성이 떨어진다는 점 외에도, 무한소나 궁극의 비와 같이 논리적으로 이해하거나 설명하기 힘든 개념들을 사용한다는 점에서 뉴턴 직후부터 계속해서 논란이 대상이 되고 있었기 때문이었다. 따라서 19세기 초의 영국 수학자들에게 라그랑주의 방식은 매우 효율적일 뿐만 아니라 논란의 여지를 차단하는 안전한 방식으로 여겨졌고, 이는 곧바로 받아들여졌다([11], pp.259–315).

하지만 드 모르간은 라그랑주식의 기존의 방식이 논리적으로 엄밀하지 못할 뿐만 아니라, 미분이나 적분이 실제 무엇을 의미하는지도 제대로 설명해주지 못한다고 생각했다. 게다가 당시 프랑스에서도 점차 라그랑주식의 급수 방식이 쇠퇴하고 코시의 극한 개념을 이용한 설명 방식이 힘을 얻고 있다는 사실을 잘 알고 있었다([34], p.113–114). 드 모르간은 1842년에 출판한 미적분학 교재『미적분학The Differential and Integral Calculus』에서 당시 영국 수학 교재들의 일반적인 추세와는 달리, 기존의 라그랑주 식의 급수 전개 방식을 거부하고 다시 극한 개념을 이용한 방식으로 선회하는 모습을 보였다.[16] 그는 연속인 함수 ϕx에 대하여 x의 서로 연속하는 값, a와 $a+h$를 가정하고 x가 다음과 같이 n단계를 거쳐 움직인다고 하면 함수의 값이 $\phi(a+\theta), \phi(a+2\theta), \phi(a+3\theta), \cdots \phi(a+n\theta)$ 식으로 움직인다고 가정하였다. 그리고 이 때, 함수의 증분이 $\phi(a+\theta)-\phi a, \phi(a+2\theta)-\phi(a+\theta), \cdots \phi(a+n\theta)-\phi(a+\theta)$와 같이 변화된다고 할 때 $n\theta$를 원하는 만큼 작게 만들 경우, $x=a$와 $x=a+h$ 사이의 임의의 x값에 대해서 θ가 무한히 감소되어 함수의 증분이 유한한 극한 값을 갖게 되는 과정을 자세히 설명한 뒤, 함수 ϕx의 미분 계수를 $\frac{\phi(x+\theta)-\phi x}{\theta}$의 극한으로 정의하였다([29], pp.46–48). 그의 부인 소피아는 남편 드 모르간이 미적분의 정리나 "개념들의 형식적인 정의를 제시하기 전에 미분 계수의 개념을 [제대로] 이해할 수 있도록 기초적인 실례들을 소개"하여 자세히 가르쳤다고 설명하였는데, 이러한 태도는 위 교재를 통해서도 잘 드러나고 있었다([34], pp.100).

한편, 기하학의 경우, 드 모르간은 유클리드의『원론』의 논의가 서술형의 문장들과 기

16) 밀John Stuart Mill은 드 모르간의 저서『미적분학』이 버클리의 비판에서 자유롭지 못했던 고차 도함수의 개념을 극한 개념을 통해 제대로 설명해 주었다며 매우 긍정적인 평가를 내렸다([34], pp.114–115).

하학적인 논의만으로 구성되어 있어 학생들이 그 내용들을 이해하는 데 어려움을 겪는다는 것을 잘 알고 있었다. 특히 2학년 학생들이 유클리드『원론』의 5권 수업에 들어가서 이산적인 수(number)의 비와 연속적인 양(magnitude)의 비, 그리고 비(ratio)와 비율(proportion)의 개념들을 배울 때, 내용이 헷갈려 그것들을 이해하는 데 어려움을 겪는다는 것을 잘 알고 있었다. 따라서 그는 굳이 기하학적인 방식만을 고집하지는 않았다. 대신 "산술의 정리들이 5권의 내용들과 잘 부합된다는 것은 자명하므로, 학생들이 양(magnitude)의 개념에서 벗어나 수(number)의 개념으로 날아가야" 한다고 주장하였다. 유클리드의 시대에는 매우 쉽고 간편한 산술 기호나 체계들이 제대로 마련되어 있지 않았으므로 5권의 내용이 오로지 기하학적인 방식으로만 구성되었으나, 산술의 기호나 연산 등을 활용하면 기하학적 논의들이 매우 간단해질 수 있다는 것이었다([22], pp. 1–2). 따라서 이 책에서 드 모르간은 원론 제 5권의 내용을 수와 대수 기호 등을 이용하여 보다 간단한 방식으로 제시하였다. 가령, 연속적인 양의 비를 표현할 때에는 기하학적인 선분 대신 알파벳 대문자를 사용하게 했고, 이산적인 수의 비는 알파벳 소문자를 사용하여 간단히 표현하도록 지도하였다([22], pp. iii–iv).

이렇듯 그는 학생들이 수학적 개념 및 원리들을 제대로 이해할 수만 있다면, 굳이 기하학적 방법과 대수적 방법을 서로 편협하게 구분하지 않았다. 이러한 측면은 가령 1837년「삼각법의 원리(Elements of Trigonometry)」에서 삼각법을 어떻게 규정했는지를 통해서도 잘 드러났다. 그는 대수학의 기호 언어의 경우, 초기에 제대로 다룰 줄 모를 때는 기하학적으로 이해하는 것이 필요하고 점차 대수적 기호 언어에 익숙해지면 기하학적으로 접근하지 않아도 되지만, 어느 순간에 이르면 기하학적인 방식으로 설명하지 않으면 도저히 이해하기 힘든 개념들을 만나게 된다고 설명하였다([27], p. vii). 가령 음의 제곱근과 같은 개념이 바로 그런 것이었는데, 그는 삼각법을 활용해 $r\mathrm{U}(\cos\theta+\sin\theta\sqrt{-1})$가 $r\mathrm{U}$(U는 길이의 단위)의 길이를 지니고 수직선에 각 θ 만큼 기울여져 있는 선임을 유도해낸 뒤, 복소수의 합이나 곱과 같은 연산 문제들을 삼각법의 계산 규칙들을 통해 논리적으로 유도하였다. 가령, 복소수의 곱은 두 선분의 곱의 의미로 해석되어 $r(\cos\theta + \sin\theta\sqrt{-1})\times r'(\cos\theta' \sin\theta'\sqrt{-1}) = rr'(\cos(\theta+\theta')+\sin(\theta+\theta')\sqrt{-1})$이 되어서 길이가 $rr'\mathrm{U}$이고, 방향은 두 선분이 기울어져 있는 각을 더한 만큼 기울어져 있는 선분이 된다. 그리고 나눗셈 역시 마찬가지 방식으로 계산하면 길이가 $\frac{r}{r'}\mathrm{U}$이고 방향이 각 $\theta - \theta'$를 이루는 선분이 된다([27], pp. 88–96). 결국 드 모르간은 대수적 수식들을 추상적인 방식으로 공식화해서 제시하지 않고, 복잡하지만 모두 기하학적인 정리들로 변환시켜 대수 정리들에 기하학적인 의미를 부여함으로써 대수학의 개념과 원리들을 더욱 명확히 이해할 수 있도록 하기 위해 노력하였다. 그것이 바로 그가 "삼각법이란 기본적으로 기하학을 대수학에 응용한 분야"라고 했을 때의 의미라 할 수 있었다([27], pp. v–vii).

4.4 드 모르간의 강의실 풍경

이렇듯 수학 교육에 관심을 기울이던 중 1836년 10월 드 모르간의 후임이었던 화이트(Mr. White)가 갑작스레 사망하면서 드 모르간은 UCL로 다시 복귀하게 되었다. 수학 교육에 항상 관심을 지니고 있었고, SDUK의 멤버들과 친분을 쌓고 있었던 상황에서, UCL의 수학 교육에 구멍이 나자 곧바로 다시 들어가 빈자리를 메워 주었던 것이다.[17] UCL을 사임하고 다시 복귀하기 전까지의 5년간, 그는 여러 지역의 수학 교육의 현황들과 수학 교육의 방식들, 그리고 다양한 수학 교재들을 살펴보고 집필하면서 자신만의 수학 교육 철학과 수학 교수 방식을 발전시켜 나갈 수 있었다. 따라서 복귀 이후 그는 학생들의 수학 교육 향상을 위해 시간과 열정을 들여가며 최선을 다하였다. 이 과정에서 이미 학생들의 논리 사고력 수준이나 기초 수학 지식의 정도를 간파하고 있었던 그는 무엇보다도 기본적인 수학적 원리나 개념들을 학생들에게 논리적으로 명확하게 이해시키는 데 주력하였다. 그리고 그러한 모습은 강의실 풍경에서도 잘 드러났다.

수준이 다른 학생들을 한 강의실에서 가르치면서 그들이 모두 수학의 중요한 개념이나 원리들을 제대로 이해할 수 있도록 지도하는 것은 쉬운 일이 아니었고, 수업 시간만으로 해결되는 문제도 아니었다. 결국 그는 수업 시간 이외에도 시간을 할애하여 학생들이 어려운 개념들을 제대로 이해하고 넘어갈 수 있도록 최선을 다하였는데, 이런 모습들은 1838년 무렵 그로부터 수학 교육을 받았던 테일러(Mr. Sedley Taylor)의 회고를 통해서도 잘 드러났다.

> "드 모르간은 교수의 임무가 강의만으로 끝나는 것은 아니라고 생각했다. 모든 강좌의 매 강의마다 끝 무렵에는 수업 듣는 학생들이 관심을 가지고 있는 주제들을 잘 설명해줄 수 있을 예제들과 문제들을 많이 나누어주었다. 학생들은 그것들을 공부하고 풀어서 제출해야 했다. 그러면 그[드 모르간]는 그것들을 살펴보고 다음 강의 시간 전에 고쳐서 되돌려주었다. 매 문제마다, 잘 풀어졌으면, 체크 표시를 했고, 풀이 과정에서 단순한 실수가 있었으면 줄을 그어 지우고 수정해 주었다. 하지만, 만약 원리의 문제에 실수가 있는 경우에는, 과제 위에 "나 좀 보자"라는 문구가 적혀 있었다. 그렇게 호출된 학생들은 강의 끝 무렵에 드 모르간이 개인적으로 만나 그 원리를 세심히 지도하면서 그가 어렵게 느꼈던 것들을 해결해주었다. 수업을 듣는 학생들의 수가 100명을 넘었으므로 소요되는 노동력의 양은 엄청났다([34], p.99)."

이러한 내용은 가장 가까이서 그를 지켜보았던 부인 소피아의 회고 내용과도 일치하는

17) 1869년 10월 당시 UCL의 수학 교수였던 화이트가 배를 타고 휴가를 즐기던 중 배가 전복하는 사고가 나면서 사망하는 바람에 드 모르간이 갑자기 수학 교수직에 투입되었다([34], pp.69–70).

표 2: 강의 참고노트 수

	기초반	고등반
1학년	10권	70권
2학년	109권	138권

것이었다.

> "교수[드 모르간]는 매일 오전 9시부터 10시까지, 그리고 오후 3시부터 4시까지 두 개의 강의를 했다. 각각의 강의 이후에는, 명확하게 이해하지 못한 부분을 가진 학생들이 어려운 부분을 해결하고자 그에게 다가올 수 있도록, 책상에 한 시간 정도 머물러 있었다. 이런 식으로 강의 두 개를 하는 데 대략 하루에 3시간 정도가, 학생들의 과제를 검사하는 데 1시간 정도가 소요되었다([34], p.30)."

이렇듯 강의를 통해 학생들을 지도하는 데 많은 노력을 기울였지만, 드 모르간은 앉아서 수업을 듣고 숙제를 하는 것 외에도, 무엇보다 학생들 스스로 책상에 앉아서 고민해보고 복습하면서 공부하는 것이 중요하다는 것을 잘 알고 있었다. 시간이 흐르면서 드 모르간은 강의가 끝난 이후 학생들이 스스로 공부하면서 그 날 배운 주제에 대해 다시 생각해보고 좀 더 확장해서 공부하는 것을 돕기 위해 자필로 강의 노트를 작성하기 시작했다. 현재 1843년에서 1866년 사이에 작성된 참고 노트 200여권이 남아 있는데, 이를 통해 매 학기 매 주제에 대해 강의 노트를 작성하고 업그레이드했던 모습을 확인할 수 있다.[18] 특히 그는 기초 수학의 내용들을 다룰 때보다는 고등 수학의 주제들을 다룰 때 학생들이 더 어렵게 느끼는 것을 잘 알고 있었다. 따라서 1학년 기초반의 주제에서 2학년 고등반의 주제로 올라갈수록 참고 노트 작성에 더욱 더 공을 들였는데, 표 2를 통해 해당 참고 노트의 양이 학년이 올라가면서 급격히 증가되고 있었음을 확인할 수 있다([50], p.538).

특히 2학년 고등반의 경우, 필수적으로 들어야 하는 수업이 아니었고 수학에 자질이 있는 학생들이 선택하는 수업이었으므로, 이 반의 수업 수준은 매우 높게 유지되었다. 이미 수학의 기본 개념 및 원리들을 가르친 뒤였으므로 이 반의 경우에는 풍부한 참고 노트와 함께 매우 수준 높은 수학 지식들을 제공하였고, 시간이 흐르면서 이 수업을 들은 학생들 중에 고등 수리 물리 과학의 분야들에 관심을 가지는 이들이 나타나기 시작했다. 그런데 당시 UCL 자연철학 교수직에는 주로 실험 과학에 능했던 이들이 임용되었으므로 자연철학 교수들의 수리적인 지식은 부족한 상태였다. 이런 상황에서 드 모르간의 수업을 듣고 자연철학 교수에게 갔던 학생들은 수학 지식의 측면에서 이미 그들이 자연철학 교수보다 더 우월한 수준임을 알아차렸고, 곤경을 느낀 이들은 드 모르간에게 도움을 요청하기 시작했다. 이런

18) 다음의 사이트의 pdf 문서를 통해 드 모르간의 강의 노트의 전체 목록을 살펴볼 수 있다. http://archives.ulrls.lon.ac.uk/resources/MS775.pdf

상황에서 1840년대 중반 무렵부터는 UCL 위원회에 허락을 받아 드 모르간이 학생들에게 수리 자연철학의 분야들을 가르치기 시작했다([34], pp.119–120). 따라서 이후 드 모르간의 참고 노트에는 수리 물리학의 논의들이 약간 포함되었다. 노트 297권과 298권이 바로 그것으로, 여기에는 가령, 한 점이 초기 속도 없이 중력의 작용에 따라 곡선을 따라 내려오면서 또 다른 점으로 이동할 때 그 중 최단 거리를 찾는 "최속 강하선(brachistochrone)" 문제나 특정 조건에서 움직이는 점의 운동을 표현하는 방정식을 유도하는 문제, 그리고 기하학 도형 위에서 움직이는 점의 속도를 논의하는 문제 등의 응용 수학적 논의들이 포함되어 있었다. 당연히 이것들은 초기 교육 과정에는 없던 것들이었다([31, 32]).

한편, 그가 수학 교육의 목표를 다른 무엇보다도 기본적인 수학의 개념 및 원리를 이해하는 데 두었던 것은 그의 시험에 대한 견해에서도 잘 드러났다. 케임브리지대학 학부 시절 드 모르간은 자타가 공인하는 수학도였고, 주변에서는 모두 그가 케임브리지대학의 수학졸업시험에서 일등이나 적어도 2등 정도를 차지할 거라 기대하고 있었다. 하지만 실제 수학 시험에서 그는 4위를 차지했는데, 그를 포함한 그의 가족들은 그 성적에 매우 실망할 수밖에 없었다. 그의 동료들은 그 원인으로 그가 주어진 시험 과목을 벗어나 너무 방대하게 공부했다는 점을 들었다. 부인 소피아는 이 시절의 드 모르간을 두고 "어쨌든지 불합리한 시험에서 거둔 이 실패[4위의 성적]는 의도하지는 않았지만, 경쟁적인 시험에 대한 그 자신의 최초의 저항이었다"고 표현하였다. 그리고 "교사로서 직접 가르치면서 그러한 시험이 [학생들의] 정신과 건강에 나쁜 영향을 미칠 뿐만 아니라, 진정으로 우등생이 될 자격이 있는지를 판단하는 데도 충분하지 않은 것이라는 사실을 경험하기도 전에, 그는 [경쟁적인 시험을] 완전히 거부하게 되었다"고 설명하였다([34], p.18).

그의 이러한 태도는 학생들을 직접 가르치고 시험 제도를 경험하면서 더욱 확고해졌는데, 이는 1848년 학기에 UCL의 모든 강의들이 시작되는 것을 기념하면서 교육의 문제에 대해 강연했던 내용 속에서도 잘 드러났다. 그는 "경쟁, 즉 젊은 학생들이 높은 자리를 두고 서로 경쟁하는 것은 불완전한 시스템의 횡포 가운데 하나이고, 그것은 도덕적으로도 해로운 성향을 지니고 있어 훌륭한 학자를 만들거나 보여주기 위한 목적을 달성하는 데도 효과적이지 못하다"고 이야기하였다([37], p.169). 그는 "진정한 수학자"를 양성하기 위해 노력했는데, "만약 그것에 성공했다면, 주어진 시간 안에 그들의 지식을 종이 위에 얼마만큼 재현할 수 있는가의 문제에는 별로 상관하지" 않았다. 또한 시험 제도라는 게 어떤 학생들에게는 아주 쉬울 수 있지만, 또 다른 학생들에게는 아주 어려울 수 있으므로, "교사가 이러한 사실을 미리 고려하지 못한다면, 어떤 식으로든 불공정함은 피할 수 없다"고 생각했다. 따라서 그는 시험을 보고 점수를 매기는 방식에 대해 극도의 거부감을 가지고 있었고,[19)] 이러한

19) 1853년 11월 15일자로 드 모르간이 포스터Michael Foster에게 보낸 편지에 그의 런던대학의 시험 방식에 대한 견해가 자세하게 표현되어 있다([37], pp.222–228).

태도는 어느 해 연말 시험을 앞두고 학생들이 벼락치기 공부를 하고 있을 때 그러한 태도를 나무랐던 것에서도 잘 드러났다([34], p.100).

> “연말 칼리지 시험을 앞둔 강의 마지막 주 동안에, 그[드 모르간]는 갑자기 반 학생들에게 다음과 같이 이야기하였다: ‘나는 자네들 대다수가 이번 주 내[가 내준] 예제들을 내버려둔 걸 알고 있네. 난 자네들이 무엇을 하고 있는지 완전히 잘 알고 있지: 자네들은 시험을 위해 벼락치기 공부를 하고 있어. 하지만 난 그런 벼락치기 공부가 전혀 쓸모가 없게 되도록 시험 문제를 낼 걸세’ ([34], pp.100–101).”

이제까지 살펴보았듯이, 드 모르간은 학생들을 가르치면서 수학의 응용이나 시험 준비의 목적보다는 무엇보다도 먼저 근본적인 수학의 개념과 원리들을 제대로 이해시키는 데 주력하였다. 그의 이러한 모습들은 드 모르간의 제자였던 테일러(Sedley Taylor)가 회고했던 것과도 일치했다. 테일러는 이후 케임브리지대학의 트리니티칼리지에 입학해서 계속 공부했던 인물이었는데, 이후 『케임브리지 대학 리포터(*Cambridge University Reporter*)』에 기고한 글에서 드 모르간을 기억하며 UCL에서의 수학 교육에 대해 되돌아보았다. 여기에서 테일러는 드 모르간의 교육자로서의 자질에 대해 자세하게 묘사하였는데, 이를 통해 당시 학생들이 드 모르간을 선생으로서 어떻게 받아들이고 있었는지를 어느 정도 짐작할 수 있을 것이다.

> “그의 강좌는 유클리드의 첫 권과 기초 산술에서부터 시작해 변분법(Calculus Variation)에 이르기까지 순수 수학의 전 분야에 대해 체계적인 조망을 제공하고 있었다. … 그의 설명은 다양한 종류의 탁월함을 지니고 있었다. 그것은 엄청나게 폭 넓은 독서와 놀라울 정도의 기억력을 통해 항상 풍부한 실례들을 제시하면서 명확하고, 선명하며, 또한 간결하게 이루어지고 있었다. 울림이 있는 부드러운 목소리, 넓은 이마, 그리고 고전적으로 아름다운 옆모습은 수학적 진리에 대한 거의 완벽한 통달과 매우 매력적인 언어 구사력으로 인해 그의 수업을 듣는 이들에게 위엄 있고 당당한 인상을 강화하지 않을 수 없었다. 하지만 이러한 자질들보다 더 대단했던 것은 과학적 진리 그 자체에 대한 애정과 거짓된 지식에 대한 경멸이었는데, 그는 그것을 학생들에게서 일깨워 지니게 하는 엄청난 능력을 지니고 있었다. 중요한 원리들을 제대로 이해하고 마음 속에 동화시키는 것이 반쯤 이해된 원리들을 구체적인 경우에 응용하면서 단순히 계산 기교를 부리는 것보다 훨씬 더 중요하다는 판단으로, 각각의 주요 수학 분야들의 기본적인 개념들을 아주 자세히 설명하고 강조했다. 따라서 예를 들면, 삼각법의 경우, 진동하고 주기적으로 변화하는 양의 과학으로서, 처음부터 그

분야의 광범하고 일반적인 측면들을 소개하고 강조하였다. 마찬가지로 미분법은 기본적인 설명을 풍부하게 제공해서 미분 계수의 형식적인 정의를 소개하기 전에 먼저 그 개념이 완전히 이해될 수 있도록 하였다. 어떤 한 분야를 설명하는 데 걸리는 시간은 철저하게 드 모르간이 그 분야가 수리 과학의 체계적인 조망 속에서 얼마나 중요한지를 판단해서 조정되었다.”([37], pp.99–100)

5 결론

해당 분야의 교육자는 자신이 속한 교육 기관과 그 분야에 대한 사회적 인식으로부터 완전히 자유롭기 힘들었다. UCL은 실험 과학의 열기와는 달리 수학에 대한 부정적 인식이 널리 퍼져 있던 런던에서 처음으로 설립되었던 고등 교육 기관이었다. 그 곳에서는 종교적인 차별이 없었고 기숙사 방식 대신 통학형 방식을 채택하고 있었으므로, 상 · 공업의 발달을 통해 성장했던 비국교도 중간계층의 자녀들이나 이미 전문 직업을 가지고 있는 이들이 교양 교육의 차원에서 입학하는 경우가 많았다. 그리고 기초 수학 교육이 중등 교육 과정에서 제대로 자리를 잡지 못하고 있었던 런던의 현실 속에서, 대부분의 학생들의 수학 지식은 매우 부족한 수준이었다. 더구나 최초의 세속 칼리지였던 UCL에는 케임브리지대학과 같은 고등 수학 교육에 대한 유인이 거의 존재하지 않았으므로 수학 및 수리 과학에 대한 관심이 부족할 수밖에 없었다. 이런 가운데, 교수들의 급여가 학생들의 수강료로 결정되었던 시스템 속에서 자연철학 교수였던 라드너는 다양한 과학 기기 및 모형 등을 구비하여 실험적이고 실용적인 성격의 대중 강의로 학생들을 끌어 모으기 시작했다. 이것은 당시 UCL에 입학하는 학생들의 성향을 고려할 때 매우 적절한 선택이라 할 수 있었다. 하지만 결과적으로 이러한 선택은 수학 교육의 입지를 더욱 불안하게 만들었다. 안 그래도 수학에 대해 부정적인 평가가 널리 퍼져 있던 상황에서, 그리고 제대로 된 수학 교육을 받지 않은 학생들이 많았던 상황에서, 이미 흥미 위주의 실험적, 실용적 자연철학에 익숙해진 학생들은 어렵고 복잡한 수학을 더 깊이 공부하길 원하지 않았기 때문이다. 더구나 수학 교수로서 순수 수학 교육을 자연철학으로의 응용의 차원에서 정당화할 수 없었던 것도 어려운 점이었다.

이런 상황에서 학생들에게 직접 수학을 가르치면서 드 모르간은 수학 교육의 근본적인 문제들에 대해 심각하게 고민하기 시작했다. 그러던 중 갑자기 사임하게 되었던 1831년부터 다시 복귀했던 1836년 사이의 5년간 드 모르간은 적절한 수학 교재를 집필하는 데 집중할 수 있었을 뿐만 아니라 수학 교육의 일반적인 문제들에 대해 깊이 생각하고 글로 정리할 수 있는 시간을 가지게 되었다. 그 시간을 통해 그의 수학 교육에 대한 지식과 생각들이 더 한층 발전되면서 1836년 수학 교수로 복귀한 이후 드 모르간의 수학 교육은 더욱 체계적이고 효율적으로 진행되었다. 그는 중요한 개념들과 원리들을 제대로 이해시키기 위해 구체적인 실례들과 효율적인 방법을 적절히 배합하였고, 강의 시간 이외에도 시간을 내어 학생들을

지도하기 시작했다. 뿐만 아니라 1843년부터는 본인의 강의만으로는 수학 지식을 늘리는 데 한계가 있다는 판단 아래, 학생들이 언제든지 와서 보고 베껴 쓸 수 있도록 참고 노트를 직접 작성하기 시작했다. 이런 과정을 거치면서 그의 수학 교육의 수준은 점차 높아져갔고, 특히 소규모의 2학년 심화반 학생들의 경우에는 수리 물리학의 분야들을 포함하여 상당한 수준의 수학 지식들을 가르치기에 이르렀다.

오늘날 대학에서 수학 교수에게 요구되는 것은 수학 '연구' 만은 아니며, 점점 더 '교육' 의 측면이 중시되고 있다. 그런데 각각의 교육 기관의 성격이나 학생들의 수준 역시 모두 제각각인 현실에서 수학을 전공하려는 학생들이라 하더라도 그들에게 수학 공부를 정당화하는 문제는 동일하지도 않을 뿐더러 쉽지도 않을 것이다. 19세기 드 모르간의 사례는 수학자가 더 이상 홀로 연구자로만 남아 있을 수 없었던 상황에서, 해당 기관의 수학 교육이 해당 교육 기관의 사회적 · 제도적 특징들, 수학 교육을 둘러싼 다양한 견해들, 그리고 인접 분야와의 관계 속에서 특정한 방식으로 구성되고 발전해 나갔던 모습을 보여준다. 이 과정을 통해 1820년대 말의 UCL과 1860년대 UCL은 그 수학 교육의 수준이나 위상에서 완전히 다른 기관으로 변해 있었다. 각각의 교육 기관에서 주어진 상황에 맞게 수학 교육을 제공하는 것은 수학 교수들의 과제일 것이다. 역사는 교육의 문제에 대해 치열하게 고민하는 과정에서 수학 교육의 수준과 방식은 제각기 다르게 구성될 수 있음을 보여준다.

참고 문헌

1. 권석일 · 김재홍 · 최지선 · 박선용 · 박교식, 드모르간의 음수 지도 방법 연구, 《대한수학교육학회지 학교수학》 10(2008) No. 4, 557-571.
2. 손홍찬 · 고호경, 드 모르간의 수학교육 철학과 교수법의 재조명, 《한국수학사학회지》 20(2007), No. 4, 175-190
3. 조수남, 19세기 초 영국의 해석적 방식의 도입과 이후 영국 수학의 발전 : 19세기 초 케임브리지 대학의 '해석학회' 의 의의와 그 한계, 《한국수학사학회》 20(2007), No. 1, 17-32.
4. 최지선 · 유미경 · 박선용 · 권석일 · 박교식, 수학교육에 관한 드모르간의 관점 조명, 《대한수학교육학회지 수학교육학연구》 18(2008), No. 2, 223-237.
5. 최지선 · 박선용 · 김재홍 · 권석일 · 박교식, 19세기 대수학 및 논리학 발달에서의 드모르간의 위상, 《한국수학사학회지》 22(2009), No. 4, 129-144.
6. Second Statement by the Council of the University of London, Longman, 1828
7. The London University Calendar, 1831.
8. E. Barrington, *Life of Walter Bagehot*, Longman & Co., 1914.
9. H. Bellot, *University College*, London, 1826-1926, University of London Press, 1929.
10. J. Bonnycastle, *The scholar's guide to arithmetic; or a complete exercise-book for the use of schools*, Longman and Co., 1843.
11. Carl B. Boyer, 김경화 역, 『미분적분학사—그 개념의 발달 (*The History of the Calculus and Its Conceptual Development*)』, 교우사, 2004.

12. W. Brock, "Geometry and the Universities: Euclid and His Modern Rivals 1860-1901," *History of Education* 4(1975), No. 2. 21-35.
13. G. Brown, "The Evolution of the Term 'Mixed Mathematics'," *Journal of the History of Ideas* 52(1991) No. 1, 81-102.
14. A. Craik, *Mr Hopkins' Men: Cambridge Reform and. British Mathematics in the 19th Century*, University of St. Andrews, 2007.
15. T. Crilly, *Arthur Cayley: Mathematician Laureate of the Victorian Age*, Johns Hopkins university Press, 2006.
16. J. Cowling, *Regrets of a Cantab*, London Magazine 1(1825), 437–466
17. J. Delve, *The College of Preceptors and the Educational Times: Changes for British mathematics education in the mid-nineteenth century*, Historia Mathematica 30(2003), No. 2, 140-172.
18. De Morgan, "An Introductory Lecture delivered at the Opening of the Mathematical Classes in the University of London, Nov. 5th, 1828," *The Mathematical Intelligencer* 28(2006) No. 3, 19-28,
19. A. De Morgan, *Remarks on elementary education in science. An introductory lecture, delivered at the opening of the classes of mathematics, physics, and chemistry in the University of London*, November 2nd, 1830, John Taylor, 1830
20. A. De Morgan, *The Elements of Arithmetic*, Moyes Barclay, 1830, 1839..
21. A. De Morgan, *On the Study & Difficulties of Mathematics*, SDUK, 1831.
22. A De Morgan, "On Mathematical Instruction," *Quarterly Journal of Education* 1(1831), 264-279.
23. A De Morgan, "On the Method of Teaching Geometry, Part II," *Quarterly Journal of Education* 6(1833), 237-251.
24. A. De Morgan, "A Treatise on Algebra," *Quarterly Journal of Education* 9(1835), 91–110, 293–311.
25. De Morgan, *The Elements of Algebra Preliminary of the Differential Calculus*, Taylor & Walton, 1835.
26. A. De Morgan, *The Connexion of Number and Magnitude*, Taylor & Walton, 1836.
27. A. De Morgan, *Elements of Trigonometry*, Taylor & Walton, 1837.
28. A. De Morgan, *The Mathematics; Their Value in Education*, Central Society of Education 1(1837), pp. 114-144.
29. A. De Morgan, *The Differential and Integral Calculus*, SDUK, 1842.
30. A. De Morgan, *Trigonometry and Double Algebra*, Taylor & Walton, 1849.
31. A. De Morgan, *Examples on Velocity and Acceleration*, University of London Library Special Collections, MS 775/ 297, 1858.
32. A. De Morgan, *Velocity and Acceleration*, University of London Library Special Collections, MS 775/ 298, 1861.
33. A. De Morgan, *On the Syllogism and other Logical Writing*, ed. by P. Heath, Yale University Press, 1966.
34. S. De Morgan, *Memoir of Augustus De Morgan*, Longman, 1882.
35. J. Evra, "Richard Whately and the Rise of Modern Logic," *History and Philosophy of Logic* 5(1984), 1-18.

36. J. Fox, “From Lardner to Massey, A History of Physics, Space Science and Astronomy at University College London 1826 to 1975,” http://www.phys.ucl.ac.uk/department/history/BFox1.html
37. J. Gascoigne, ‘Mathematics & ‘Meritocracy: The Emergence of the Cambridge Mathematical Tripos,” *Social Studies of Science* 14(1984), 547–84.
38. R. Graves, *Life of Sir William Rowan Hamilton*, Vol. 3, Longmans, 1889.
39. M. Hobart & J. Richards, *De Morgan's Logic*, *British Logic in the nineteenth century*, Oxford University Press, 2008.
40. G. Howson, *A History of Mathematics Education in England*, Cambridge University Press, 1982.
41. A. Jenkins, Mathematics and mental health in early nineteenth-century England, *British Society for the History of Mathematics* 25(2010), 92-103.
42. W. Jevons, *Letters & Journal Of W. Stanley Jevons*, Macmillan & Co., 1886.
43. D. Lardner, “A Discourse on the Advantages of Natural Philosophy and Astronomy as part of a general and professional education,” *Ten introductory lectures delivered at the opening of the University of London*, University of London, University of London Press, 1829.
44. H. Roscoe, *The Life and Experiences of Sir Henry Enfield Roscoe*, Macmillan & Co., 1906.
45. M. Panteki, “French "Logique" and British ‘Logic': On the Origins of Augustus De Morgan's Early Logical Inquiries, 1805-1835,” *Historia Mathematica* 30(2003) 278-340.
46. H. Pycior, *Augustus De Morgan's Algebraic Work: Three Stages*, Isis 74(1983), 211–226.
47. J. Richards, “The Art and the Science of British Algebra: A Study in the Perception of Mathematical Truth,” *Historia Mathematica* 7(1980), 343-365.
48. A. Rice & R. Wilson & J. Gardner, “From Student Club to National Society: The Founding of the London Mathematical Society in 1865,” *Historia Mathematica* 22(1995), 402-421.
49. A. Rice, “Mathematics in the Metropolis: A Survey of Victorian London,” *Historia Mathematica* 23(1996), No. 4, 376-417.
50. A. Rice, “What makes a great mathematics teacher: The case of Augustus De Morgan,” *American Math. Monthly* 106(1999), 534-552.
51. C. Simmons, “Augustus De Morgan Behind the Scenes,” *The College Mathematics Journal* 42(2011), No. 1, 33-40
52. L'E Turner, “Eighteenth-Century Scientific Instruments and Their Makers” in R. Porter ed., *The Cambridge History of Science: Eighteenth-Century Science*, vol. 4, Cambridge University Press, 2003, 511-535.
53. A. Warwick, *Masters of Theory: Cambridge and the Rise of Mathematical Physics*, University of Chicago Press, 2003.
54. R. Whately, *Elements of Logic*, Longman, 1826, 1848.
55. W. Whewell, *Thoughts on the Study of Mathematics as Part of a Liberal Education*, Cambridge University Press, 1836.

조수남 서울대학교 과학사 및 과학철학 협동과정
Interdisciplinary Program in History and Philosophy of Science, Seoul National University
E-mail: sunamcho@gmail.com