

한국 과학사학계와 송상용 선생님

홍 성 욱
특집호 편집인

과학사를 공부하는 젊은 세대의 학자들 사이에서는 송상용 선생님을 설명하는 데는 긴 얘기가 필요 없다는 말이 있다.

한국의 조지 사튼.¹⁾

한국 과학사학계의 대부(代父).

한국 과학사학계의 산 증인.

모두 송상용 선생님을 ‘한 마디로’ 설명하는 데 사용되는 수식어들이다.

1937년 서울에서 태어난 송상용 선생님은 무학초등학교 5년을 수료하고 1949-55년에 경동중고등학교를 다닌 뒤에 1955년 서울대학교 문리대에 입학해서 화학을 전공하셨다. 대학생 시절에 카뮈의 문학과 러셀의 철학에 심취하면서 송 선생님은 과학과 인문학을 함께 어우를 수 있는 분야를 모색했고, 그 과정에서 신생 학문인 과학사에 접할 수 있었다. 송 선생님은 1959년에 화학으로 학사학위를 취득한 뒤에 과학과 철학 역사를 함께 공부하기 위해서 서울대학교 철학과에 학사 편입했고, 1962년에 철학으로 두 번째 학사학위를 받았다. 1960년에는 서울대학교 의사학교실을 중심으로 한국과학사학회가 창립되었는데, 당시 철학과 학생이었던 송 선생님은 여기에 창립회원으로 참여하셨다. 이후 선생님은 서울대학교 대학원 철학과에 진학해서 1967년에 문학석사를 취득했고 1965년부터 외국어대학에서 철학을 가르치셨다.

1) George Sarton (1884-1956): 과학사저널 *Isis*와 *Osiris*의 창시자. 미국에서 과학사를 학문 분야로 정착시키는 데 지대한 역할을 함.

학위 취득 후 선생님은 미국의 인디애나 대학으로 유학을 떠났고, 1969년 귀국한 뒤 이듬해에 문학석사(과학사) 학위증을 우편으로 받으셨다. 1960년대 후반 미국에서는 반전운동과 반과학기술운동의 바람이 거세게 불고 있었다. 당시 미국에서 토마스 쿤, 레이첼 카슨, 마르쿠제, 머포드를 읽으면서 선생님은 과학주의적 인식을 탈피하고 과학기술에 대해 비판적인 시각을 발전시킬 수 있었다고 회고하신다. 환경이나 생명공학처럼 과학의 사회적 문제에 대한 선생님의 관심, 과학사의 외적 접근법(external approach)에 대한 호감은 이 무렵 지적 격변기였던 미국에서의 경험 때문인 듯싶다.

한국과학사학계의 역사를 통틀어서 송상용 선생님의 족적이 없는 곳을 찾기 힘들 정도로 선생님이 과학사학계에 미친 영향은 지대하다. 과학사학회의 창립회원으로서 학회 활동을 시작한 송 선생님은 1962년 학회의 간사로 임명되었고, 미국에서 돌아온 1970년부터 1982년까지 학회의 간사를 도맡아 하면서 침체되어 있던 과학사학회를 제2의 탄생으로 이끌었다. 당시 송상용 선생님의 활발한 활동에 힘입어서 학회는 금속활자, 첨성대, 아인슈타인 탄생 100주년, 다윈 100주기, 쿤과 인접과학 등을 주제로 쟁점 토론회와 발표회를 개최해서 회원을 결집하고 세간의 이목을 끌어 과학사를 홍보하는 데 성공했다. 내가 송 선생님을 처음 만난 것이 1983년, 즉 선생님께서 막 간사를 그만두신 직후였는데 그 때 선생님이 파리과학아카데미의 간사를 40년 넘게 맡았던 폰트넬의 기록을 깨지 못하고 간사를 그만둔 것이 섭섭하다고 웃으시던 것이 생각난다. 송 선생님은 1984-88년에 한국과학사학회 부회장, 1990-93년에 회장을 역임하셨다.

한국과학사학회와 관련해서 송 선생님을 떠올릴 때 빼놓을 수 없는 것이 학회지 편집인으로서의 선생님의 역할이다. 선생님은 1979년에 창간된 『한국과학사학회지』의 초대 편집인을 맡아서 1990년까지 12년 동안 12권의 학회지를 만들었다. 과학사에 대한 관심이 적었던 초창기에 선생님의 헌신적인 노력이 있었기 때문에 지금의 학회지가 가능했다고 본다. 지금의 한국과학사학회지는 80년대 그것에 비해서 더 전문적인 논문이 많이 실리지만, 당시 학회지에는 회원들의 외국학회 참관기도 자주 실렸고, 드문 경우이긴 했지만 “그대 외로운 지성이여”와 같은 시도 실릴 정도로 인간적인 냄새가 물씬 났다. 80년대 중반에 과학사를 공부하기 시작했던 우리 세대는 대학원 학생 시절에 과학사학회지에 첫 논문을 게재할 기회가 생기곤 했는데, 당시 송 선생님께서 런던(London)을 런던으로, 마르크스를 마르크스로, 엥겔스를 엥겔스로 바꾸는 등 우리가 보통 쓰는 영어 발음을 원어에 가깝게 고치는 것을 늘 화제로 삼곤 했다.

과학사의 정착을 얘기할 때 또 빼놓을 수 없는 부분이 초기 과학사 강의다. 송 선생님은

유학을 다녀온 1969년부터 서울대학교와 여러 대학에서 과학사 강의를 하셨다. 지금이야 교양과정에 과학사 강의를 개설하는 학교가 많지만 그 때만 해도 과학사라는 학문 자체가 생소하던 시절이었고 이런 강의들은 송 선생님이 직접 뛰어다니 덕분에 만들어졌다. 당시 송 선생님의 과학사 강의를 들은 수천 명의 학생들 중에 지금은 중견 교수나 언론인이 된 사람도 많이 나왔고, 덕분에 후학들은 과학사를 전공한다고 했을 때 예기치 않게 ‘나도 예전에 대학생 시절에 송상용 선생님 강의를 들었는데’라고 하면서 과학사에 호감을 나타내는 사람들을 종종 만날 수 있다.

지금은 과학사와 관련된 저서들도 많지만 80년대 초반에는 국내에서 책도 구하기 힘들었다. 선생님이 1980년에 출간한 『과학사 중심 교양과학』은 80년대 초반에 이러한 지적 갈증을 풀어줄 수 있는 거의 유일한 책이었다. 이 책에는 서양과학사에 대한 내용만이 아니라 서양기술사, 기술철학, 토마스 쿤과 관련된 과학철학, 동양과학사, 한국과학사에 대해 송 선생님이 쓰신 글과 번역 글이 모아져 있었다. 동서양과 한국과학사를 함께 묶고, 과학사와 기술사를 함께 묶고, 과학사와 과학철학을 함께 묶는 선생님의 통합적 과학학의 일면을 잘 볼 수 있는 부분이다. 이 책의 첫 장이 “과학학이란 무엇인가”라는 제목을 가지고 있다는 사실은 놀랍지 않다. 최근 서양은 물론 한국에서도 과학사 연구와 강의가 점차 전문화되고 세분화되는 경향이 지적되는 시점에서 과학사가 통합적 학문이 되어야 한다고 강조하신 송 선생님의 예견이 더 빛을 발한다.

한국 과학사학계의 발전과 관련해서 꼭 언급하고 싶은 것은 송 선생님이 1992년에 사재 1500만원을 기부해서 만든 ‘한국과학사학회논문상’이다. 1992년에 지금은 전북대에 재직하는 김근배가 “한국과학기술연구소(KIST)의 설립과정에 관한 연구—미국의 원조와 그 영향을 중심으로”라는 논문으로 제1회 논문상 수상자가 되었고, 그 후 지금까지 김미경, 문중양, 임경순, 이문규, 김동원, 신동원, 성영곤, 박권수, 박희주 등 모두 10명의 수상자를 배출했다. 과학사학회에서 매년 수여하는 논문상은 젊은 연구자들에게 큰 명예로 간주되고 있으며, 앞으로도 학회의 좋은 전통으로 더 굳건히 자리잡을 것임을 의심치 않는다.

80년대 초반기는 한국 사회 전체가 정치적으로 암울한 시기였지만 이는 송상용 선생님에게 더욱 그러했다. 선생님은 1977년 성균관대학교에 조교수로 임명되었지만 1980년에 신군부 정권에 반대하는 지식인 서명에 참여한 것이 화근이 되어 학교에서 해직당하는 불운을 맞게 되었다. 보통 사람 같았으면 어렵게 얻은 대학교 전임자리에 미련이 남아서라도 쉽게 하지 못할 용기 있는 행동이었다. 선생님의 깨끗한 성품의 한 단면을 잘 보여주는 일화이다. 이후 3년반 간의 공백 끝에 1984년 선생님은 지금의 한림대학교 인문대 사학과에

교수가 되셨고, 한림대학교에서 교무처장(1984-85), 도서관장(1997-1998), 인문학연구소장(1998-1999), 인문대학장(2001-2002)을 역임하셨다.

과학사를 통한 과학대중화와 과학문화의 정착을 위해 송 선생님이 강조하신 것이 많지만, 빼놓을 수 없는 것이 70년대 초반에 전파과학사의 손영수 사장과 함께 <현대과학신서>를 기획하고 내신 것이다. 신서 중에 송 선생님은 코난트의 『현대과학과 현대인』 등을 직접 번역하기도 하셨다. 또 한 가지 강조하고 싶은 것은 선생님이 기회가 있을 때마다 자연사박물관의 건립필요성을 신문지면 등을 통해 역설했으며, 과학자들은 물론 과학사를 전공한 사람들이 이 문제에 더 관심을 가져줄 것을 촉구했다는 점이다. 선생님은 2000년부터 한국자연사박물관연구협의회 부회장을 맡고 계신다.

송 선생님은 과학사 연구자들을 위한 저술활동은 물론 일반 대중에게 과학사와 과학의 중요성을 심어주는 대중적 저술활동에도 무척 활발하셨다. 『출판저널』 지면을 통해서 꾸준히 발표하신 과학사 관련 서적과 교양과학 서적에 대한 서평, 신문과 잡지의 지면을 통한 과학사와 과학학 분야의 활발한 소개는 대중에게 과학사가 무엇인가를 널리 알리는 계기를 만들었다. 북한의 리승기 박사의 생애와 업적을 남한에 소개하고 남북한 과학교류를 강조하신 것은 과학과 관련한 선생님의 많은 과학 계몽활동 중 잘 알려진 일부분이다.

송상용 선생님은 1990-92년에 철학연구회 회장, 1999-2001년에는 한국과학철학회 회장을 역임하셨다. 과학사학회와 과학철학회 회장을 둘 다 역임한 사람은 미국의 토마스 쿤에 이어서 선생님이 두 번째일 거라고 말씀하시곤 했다. 1998년에 선생님은 한국생명윤리학회를 만드는 데 큰 역할을 하셨고 지금은 생명윤리학회의 회장을 맡고 계신다. 생명과학이 제기하는 새로운 윤리문제는 최근 선생님께서 심혈을 기울여 연구하는 주제 중 하나이다. 1990년대에는 환경운동에 깊은 관심을 보이셔서 환경운동연합의 시민환경대학장, 환경연수원장을 거쳐 환경교육센터 이사장이시다. 과학사회학 분야로는 일본, 한국, 중국, 대만을 잇는 동아시아 과학기술과 사회 네트워크를 만들기 위해 몇 년 전부터 노력하고 계신다. 일본이나 중국의 과학사회학자들을 만나보면 이들이 송 선생님의 이러한 노력을 무척 높게 산다는 것을 알 수 있다.

송상용 선생님은 1994년에 한국과학기술한림원에 정회원으로 선출되셨고 2002년 종신회원이 되셨다. 1977년 한국과학저술인협회를 창립, 초대 간사장을 지내셨고 1994-96년에는 회장을 역임하시고 현재는 명예회장이시다. 1997년에는 그동안의 과학대중화와 과학문화에 대한 업적이 인정되어 대한민국과학기술상 진흥상을 수상하셨다. 가족으로는 문리대 사학과를 나오신 부인 김선곤 여사와 두 딸이 있다. 지연은 독일 뮌스터미술학교를 마친 미술

가이고 해연은 파리5대 박사과정을 수료한 사회학자이다.

송상용 선생님은 후학과 후배들을 진심으로 아끼고 챙겨주신다. 80년대 초창기에 과학사를 공부한 사람들 주례도 참 많이 보셨다. 언젠가 선생님을 만났을 때 외국에 살아서 그런지 과학사학회 소식지가 안 온다는 얘기를 지나가듯 드렸는데, 그 다음부터 직접 소식지를 매번 보내주셔서 송구스러웠다. 나 같은 후학들은 선생님께서 여행지에서 띄운 엽서나 사진을 종종 받아보는데, 편지는커녕 전화 안부도 자주 드리지 않고 살았다. 감사하고 죄송한 마음을 모아서 이번에 과학사의 정착과 대중화를 위해 40년을 애써오신 선생님의 정년퇴임을 기념해서 직접 창간하신 학회지의 한 호를 선생님의 업적을 기념하는 호로 만들었다. 송상용 선생님의 그동안의 노고에 조금이나마 보답이 되기를 바랄 뿐이다.

Australians and Canadians at the Cavendish Laboratory in the Early Twentieth Century*

KIM Dong-Won
School of Humanities and Social Sciences
KAIST

캐브디쉬연구소는 호주와 캐나다 출신 연구원들에게 어떤 영향을 미쳤나?

김 동 원
한국과학기술원 인문사회과학부

요 약

이 논문은 20세기 초 영국 케임브리지 대학 캐브디쉬연구소에 유학했던 호주, 뉴질랜드, 캐나다 출신 물리학자들의 활동을 분석한 것이다. 캐브디쉬연구소는 19세기말부터 우수한 연구자들을 이들 영연방 소속 식민지에 보내서 물리학자사회가 등장하는 데 커다란 영향을 미쳤다. 한편 이들 식민지들은 우수한 연구자들을 지속적으로 캐브디쉬연구소에 공급함으로써 연구소 발전에 커다란 공헌을 했다. 필자는 이 논문에서 식민지 본국에서 가장 중요한 연구기관이었던 캐브디쉬연구소와 식민지와의 관계가 단순히 “중앙부-주변부” 또는 “식민지 본국-식민지”간의 일방적인 관계가 아니라 훨씬 복잡하고 다양했음을 보이고자 한다.

주요어 : 캐브디쉬연구소, 물리학, 호주, 뉴질랜드, 캐나다

* The abstract of this paper was read at the 4th British-North American Joint Meeting of BSHS, CSHPS, HSS (St. Louis, August of 2000). I would like to thank R. W. Home who gave me valuable advice and encouragement. This research was partly supported by the Science Culture Research Center (SCRC) in Korea.

This paper analyzes the relationship between the Cavendish Laboratory and the Australian, New Zealand and Canadian researchers who worked there during the early twentieth century. From its inception, the Cavendish Laboratory at the University of Cambridge provided the former British dominions of Australia, New Zealand and Canada with prominent scientists including Richard Threlfall, William Henry Bragg, Hugh L. Callendar and Ernest Rutherford. The Cavendish also offered advanced physics students from these countries, first a fertile training ground, and then a springboard to prestigious positions in university teaching and research. As a result, many historians have concluded that this Cavendish connection was crucial to the development of the physics communities on two continents.

How did this connection begin? Which Australians and Canadians traveled to the Cavendish, and why? What effects did the Cavendish have on their learning and future career patterns? I will try to answer these simple but crucial questions from the point of view of the Cavendish Laboratory, rather than from that of either Australian or Canadian physics communities.

1. The Cavendish Laboratory at the Turn of the Twentieth Century

The Cavendish Laboratory opened its doors on June 16 1874, under the directorship of James Clerk Maxwell.¹⁾ During Maxwells tenure from 1871 to 1879, he established the three hallmarks of the Cavendish traditions—namely, research tradition, laissez-faire policy, and the tradition of precise measurement. Maxwell however only set up the organizational framework of the Laboratory. The completion of its infrastructure fell to his successor, John William Strutt, the third Lord Rayleigh.

1) For the early history of the Cavendish Laboratory, see J.J. Thomson et. al., *A History of the Cavendish Laboratory, 1871-1910* (London: Longmans, Green, 1910); A. Wood, *The Cavendish Laboratory* (Cambridge: Cambridge University Press, 1946); E. Larson, *The Cavendish Laboratory: Nursery of Genius* (London: Ward, 1962); J. G. Crowther, *The Cavendish Laboratory, 1874-1974* (New York: Science History Publications, 1974); Dong-Won Kim, *Leadership and Creativity: A History of the Cavendish Laboratory, 1871-1919* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002).

During his brief tenure from 1880 to 1884, Rayleigh created several Demonstratorships, improved the teaching system, raised the new fund for the purchase of laboratory equipment, expanded the store of available instrument, and added a workshop to the Laboratory. Rayleigh also made time for his own research, performing well-organized experiments on the determination of electrical standards.

On December 22, 1884, Joseph John Thomson was elected as the Cavendish's third director and Professor of Experimental Physics. In the first decade of Thomson's directorship, the Cavendish developed certain essential characteristics that would make it famous: it attracted talented research students oriented toward experimentation, its teaching and research organization was growing in reputation, and it was headed by a mature, widely respected scientist, J. J. Thomson, who had opened new fertile research areas of physical chemistry and electrical discharge through gases.

Two events in 1895 furthered the Laboratory's development. The first was a regulation change at Oxford and Cambridge that permitted these institutions to accept

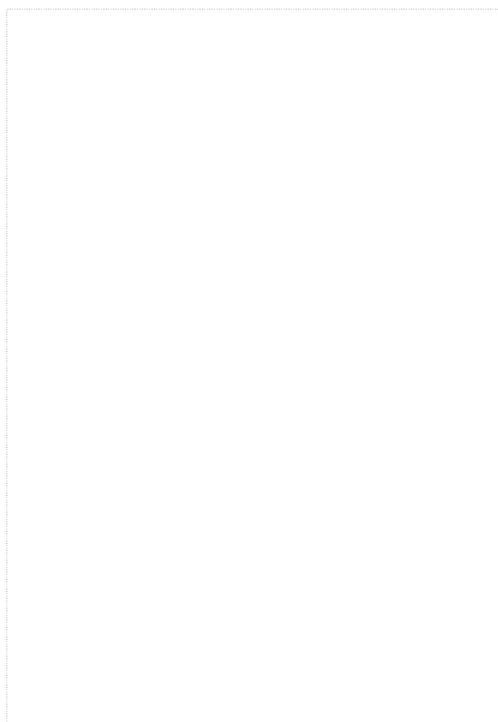
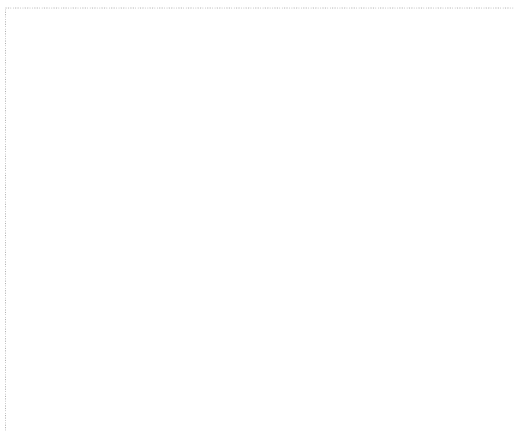


Photo 1.
The Cavendish Laboratory
and its third director J. J. Thomson



graduates of other universities. According to the new regulations, so-called *advanced students* could receive bachelors degrees plus research certificates after completing two years of research.

As a result of this reform, 1851 Research Scholars flocked to these two venerable universities. The 1851 Research Scholarship had been founded by the Royal Commission for the Exhibition of 1851, and was intended to support two or three years of scientific training for students under the age of thirty from the British dominions.²⁾ The terms of this scholarship permitted recipients to attend the institutions they chose. Before the 1895 regulation change most recipients of the scholarship preferred German universities to Oxbridge primarily because of the German Ph. D. system. After the 1895 regulation change, however, 1851 Research Scholars were able to choose from a broader selection of institutions.

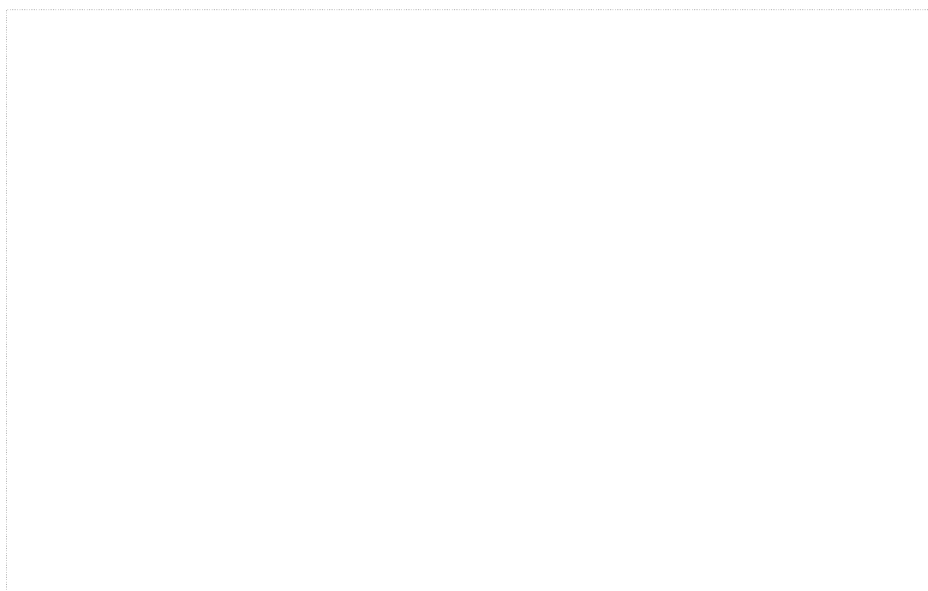


Photo 2. 1897 Cavendish Annual Photograph. J.J. Thomson was sitting in the center and E. Rutherford sitting on the far right

2) The Royal Commission for the Exhibition of 1851, *Record of the Science Research Scholars of the Royal Commission for the Exhibition of 1851* (London, 1930); *Record of the Science Research Scholars of the Royal Commission for the Exhibition of 1851* (London, 1961); Roy M. McLeod and E. K. Andrew, "Scientific Careers of 1851 Exhibition Scholars," *Nature*, 218 (1968), pp. 1011-1016.

At Cambridge University, the main beneficiary of the 1895 regulation change was the Cavendish Laboratory. The Cavendish now was an accredited graduate school and therefore attractive to a greater number of talented students. Before 1895, only a single 1851 Research Scholar went to the Cavendish. After 1895, however, the Cavendish became the school of choice for a majority of the 1851 Research Scholars studying physics. The increase in the number of advanced students at the Cavendish was largely responsible for a rapid increase in the total number of Cavendish students at the turn of the century. The first advanced student (but second 1851 Research Scholar) admitted to the Cavendish was none other than Ernest Rutherford of New Zealand.

The second great event of 1895 was Röntgen's discovery of X-rays.³⁾ J. J. Thomson was well prepared to exploit the potential of this discovery, and he became one of the first scientists to employ X-rays to investigate cathode rays, a pursuit that led him to his 1897 discovery of corpuscles or, as we know them today, electrons. This discovery was the result of an orchestrated collaboration in which Rutherford performed most of the routine experimental procedures. The success of this collaboration made it a point of departure for subsequent research: for example, J. S. Townsend of Ireland developed his ionization by collision theory, which was widely adopted by Cavendish researchers, including Thomson himself; C. T. R. Wilson's early model of the cloud chamber served as a very effective tool for ion counting to the Cavendish researchers. Between the close of 1895 and the start of 1900, these and several other important discoveries related to the electron made the Cavendish Laboratory one of the world's most respected physics research centers. In this process, the Cavendish advanced students, most of whom had spent their undergraduate years at institutions that were less prestigious than Cambridge, played a decisive role.

3) For the effects of X-rays on Thomson's discovery of electrons and the development of the Cavendish Laboratory, see I. Falconer, "Corpuscles, Electrons and Cathode Rays: J.J. Thomson and the Discovery of the Electron," *British Journal for the History of Science*, 20 (1987), pp. 241-276; I. Falconer, "Transfer of Concept & Practice between J.J. Thomson and His Research Students," *Papers for the Meeting on the Transfer of Concepts and Practice in the Physical and Mathematical Sciences* (Maison Francaise, Oxford, 23 May 1996); Kim, *Leadership and Creativity*, chapter 4.

2. Australians, New Zealanders and Canadians at the Cavendish Laboratory

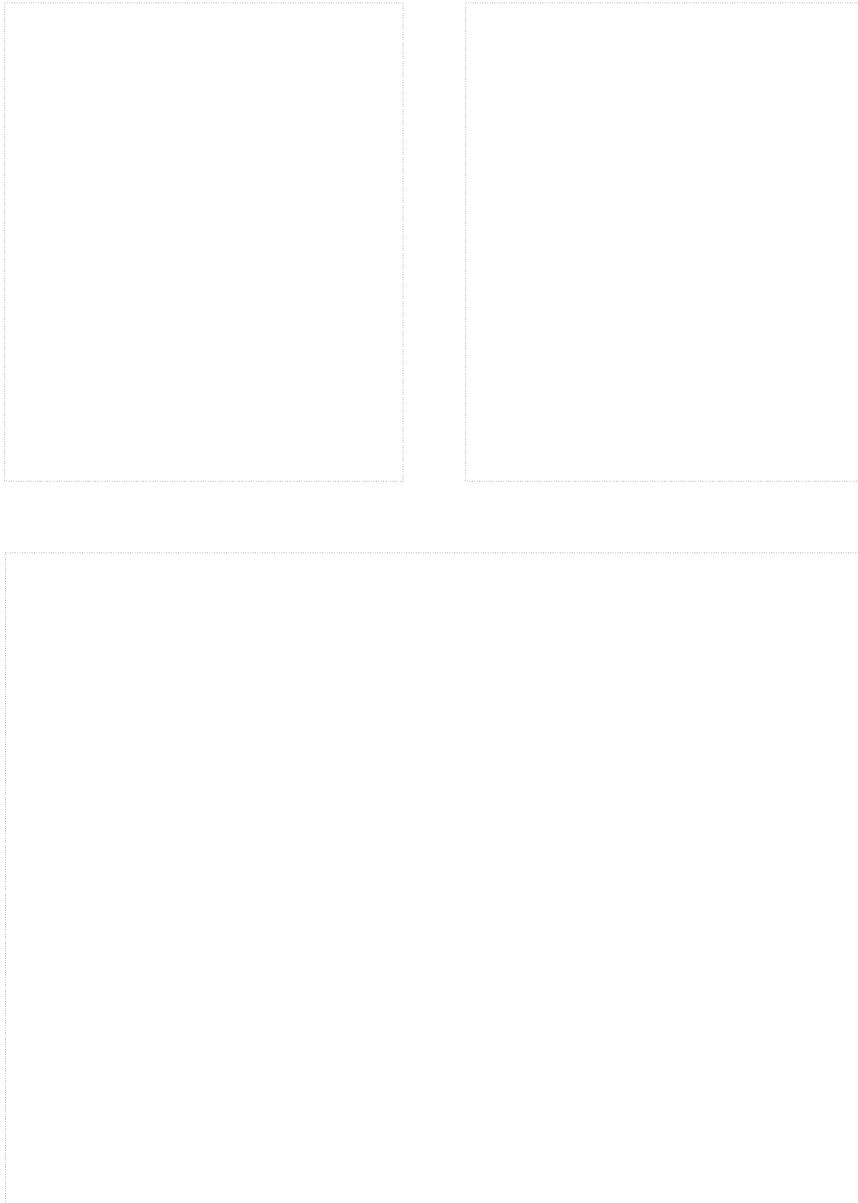


Photo 3. Richard Threlfall, William Henry Bragg, and Ernest Rutherford

From 1895 on, Australian (including New Zealand) and Canadian researchers became an important component of the Cavendish manpower. In the total population of Cavendish advanced students, Canadians and Australians constituted the second and third largest groups respectively, only after advanced students from the British Isles. Moreover, Australia and Canada produced a constant supply of advanced students for the Cavendish over a long period of time, and, in this respect, Australia was more reliable than Canada. From the point of view of the Cavendish Laboratory, this steady supply of able researchers kept the institution afloat once the number of Cambridge graduates entering the Cavendish Laboratory began to decline.

The Australian connection started in 1885, when J. J. Thomson recommended that two truly outstanding physicists, Richard Threlfall and William Henry Bragg, to go to Australia.⁴⁾ Threlfall, appointed the first Professor of Physics at the University of Sydney in 1886, had been described as “one of the most outstanding appointment that that university has ever made.”⁵⁾ As an outstanding graduate of Cambridge’s Natural Sciences Tripos, he was widely praised as a first-rate experimentalist of his generation.⁶⁾ Before leaving for Australia, he served as Assistant Demonstrator at the Cavendish Laboratory, and was also a close collaborator of Thomson with whom he published two papers on the electric discharge through gases and the production of ozone.⁷⁾ At Sydney Threlfall established a well-equipped laboratory that would serve not only for teaching but also for the first true physics research in Australia: he and

4) For the British influence on the Australian physics community, see R. W. Home and Masao Watanabe, “Physics in Australia and Japan to 1914: A Comparison,” *Annals of Science*, 44 (1987), pp. 215-235; R. W. Home and M. Watanabe, “Forming New Physics Communities: Australia and Japan, 1914-1950,” *Annals of Science*, 47 (1990), pp. 317-345; R. W. Home (ed.), *Australian Science in the Making* (Cambridge: Cambridge University Press, 1988), Part II: John G. Jenkin, “British Influence on Australian Physics, 1788-1988,” *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 13 (1990), pp. 93-100.

5) R. W. Home, “First Physicist of Australia: Richard Threlfall at the University of Sydney, 1886-1898,” *Historical Records of Australian Science*, 6 (1986), pp. 333-357 on p. 333.

6) J.J. Thomson, *Recollections and Reflections* (New York: MacMillan & Co. 1937), p. 118. Thomson remembered Threlfall as one of the best experimenters he had ever met.

7) J.J. Thomson and R. Threlfall, “On an Effect produced by the Passage of an Electric Discharge through Pure Nitrogen,” *Proceedings of the Royal Society*, 40 (1886), pp. 329-340; J.J. Thomson and R. Threlfall, “Some Experiments on the Production of Ozone,” *Proceedings of the Royal Society*, 40 (1886), pp. 340-342.

his students had worked on explosives, measurements of various electrical standards and the invention of several instruments. Threlfall had maintained a close contact with J. J. Thomson and the Cavendish Laboratory, even sending the first Australian, Miss F. Martin, there in 1894.⁸⁾ It is therefore no wonder that the University of Sydney became the preeminent center for physics teaching and research in the country.

William Henry Bragg was also an outstanding Cambridge graduate, the third wrangler of the Mathematical Tripos in 1884. Appointed Professor of Mathematics and Physics at the University of Adelaide in late 1885 at the age of only twenty-three, Bragg quickly and comfortably settled in colonial South Australia, “occupying his time with a heavy teaching round at the University, an active sporting and social life within the upper stratum of local society, and long summer holidays each year at the sea.”⁹⁾ He however suffered scientific isolation for two decades and began to exhibit his remarkable talent only after 1904 when he started researching radioactivity, the nature of X-rays and the conduction of electricity through gases.¹⁰⁾ Between 1904 and 1908, he not only published important research papers on these subjects but also trained several Australian researchers who later went to the Cavendish Laboratory.

Although both Threlfall and Bragg began teaching physics in Australia, Australian researchers did not appear at the Cavendish before 1900, with the single exception of F. Martin from Sydney. In the early decades of the twentieth century, however,

8) Thomson and Threlfall exchanged many letters during the period between 1886 and 1898 that provide vivid descriptions of Threlfall's activities in Sydney. See Cambridge University Library, MSS ADD 7654 T7-T36.

9) R. W. Home, “The Problem of Intellectual Isolation in Scientific Life: W. H. Bragg and the Australian Scientific Community, 1886-1909,” *Historical Records of Australian Science*, 6 (1984), pp. 19-30 on p. 19. For his appointment at Adelaide, see John G. Jenkin, “The Appointment of W. H. Bragg, F. R. S., to the University of Adelaide,” *Notes and Records of the Royal Society of London*, 40 (1985), pp. 75-99. For Henry Bragg's life, see G. M. Caroe, *William Henry Bragg, 1862-1942: Man and Scientist* (Cambridge: Cambridge University Press, 1978).

10) For Bragg's intellectual isolation, see R. W. Home, *ibid.*, and R. W. Home, “Frederick Soddy's 1904 Visit to Australia and the Subsequent Soddy-Bragg Correspondence: Isolation from Without and Within,” *Historical Records of Australian Science*, 6 (1985), pp. 153-169. For Bragg's research on the nature of X-rays, see Bruce R. Wheaton, *Tiger and Shark: Empirical Roots of Wave-Particle Dualism* (Cambridge: Cambridge University Press, 1983).

the University of Sydney sent J. J. E. Durack (1900-04), T. H. Laby (1905-09), E. M. Wellisch (1907-14), S. G. Lusby (1909-11), and J. D. McGee (1928-30) to the Cavendish; the University of Adelaide sent Richard D. Kleeman (1905-13), J. L. Glasson (1909-11), and Marcus L. Oliphant (1927-36); the University of Melbourne sent R. Hosking (1902-04), J. K. Roberts (1920-22), L. H. Martin (1923-26), H. C. Webster (1928-30), and E. S. Hills (1929-31). New Zealand, home of Ernest Rutherford (1895-1898), also provided the Cavendish with Percy W. Burbidge (for three years between 1913 and 1921), Eric O. Hercus (1914-15, 1919), Robert R. Nimmo (1926-29), and Wallace A. Macky (1928-30).

The Canadian connection was also strong. Hugh L. Callendar was the first Cavendish man who in 1893 sailed to Canada to become Professor of Physics at McGill University in Montreal. Sixteenth wrangler in 1885, Callendar was also a fine experimenter who greatly improved the platinum resistance thermometer while working at the Cavendish.¹¹⁾ He also served as Assistant Demonstrator there in 1887-1888. At McGill he researched the calorimetric properties of water and also measured the temperature of dry steam expanding adiabatically.¹²⁾ Before returning to England in 1898 to become Professor of Physics at University College, London, Callendar contributed greatly to raising the quality of both teaching and research at McGill. He however did not send any of his students to the Cavendish during his five years of tenure at McGill.

Ernest Rutherford strengthened the Canadian connection with the Cavendish. As J. J. Thomson's most promising research student during the fruitful years of 1895-1898, Rutherford outshone many Cambridge graduates and Demonstrators at the Cavendish.¹³⁾

11) H. L. Callendar, "On the Practical Measurement of Temperature: Experiments Made at the Cavendish Laboratory," *Philosophical Transactions*, 178 (1887), pp. 161-230. For short biography of Callendar, see "Callendar, Hugh Longbourne" (1863-1930), *The Dictionary of National Biography*, 4th Supplement (1922-1930), edited by J. R. H. Weaver (London: Oxford University Press, 1937), pp. 152-154.

12) Callendar's work on the calorimeter however was published much later. See H. L. Callendar, "Continuous Electric Calorimeter," *Philosophical Transactions*, 199 (1902), pp. 55-148.

13) Rutherford wrote to his fiancée in New Zealand, "I grimly rejoice for they [three Demonstrators] did not take any notice of us [Townsend, another research student from Ireland, and himself] the first two months although they knew we were strangers and had no friends in Cambridge. My paper before the Physical Society was a heavy blow to their assumed superiority, and now they all offer to help us in any way they can and tell me confidentially about their own little researches—

He supported Thomson's investigation into the nature of cathode rays in 1896–1897 and finished his first work on uranium rays before leaving for Canada.¹⁴⁾ When he applied for a vacant physics chair at McGill University in 1898, Thomson wrote the most praising, almost prophetic, letter of recommendation for him, claiming that “I have never had a student with more enthusiasm or ability for original research than Mr. Rutherford and I am sure that if elected he would establish a distinguished school of physics at Montreal.”¹⁵⁾ Rutherford fulfilled this prediction at McGill, conducting impressive researches on the nature of radioactivity including the discoveries of emanation and decay.¹⁶⁾ One of his most important and enduring contributions was his training of many Canadian physicists during his tenure from 1898 to 1907, some of whom he recommended to go to the Cavendish Laboratory for advanced studies.

So, Canadian researchers began to arrive at the Cavendish Laboratory from the beginning of the new century. Rutherford sent the Cavendish his McGill students R. K. McClung (1901–04), H. Brooks (1902–03), F. C. Gates (1902, 1905), and H. L. Cooke (1903–06). After Rutherford returned to England to succeed Arthur Schuster at Victoria University of Manchester in 1907, his successors, including H. A. Wilson (another Cavendish researcher), continued referring their finest students to the Cavendish: A. N. Shaw (1911–13), E. S. Bieler (1920–23), F. R. Terroux (1927–29), and J. K. MacDonald (1929–31) were four McGill graduates who made their way to the Cavendish. J. C. McLennan of the University of Toronto, who had spent two years at the Cavendish (1898–99, 1901), sent J. Patterson (1900–02), E. F. Burton (1904–06), H. F. Dawes (1906–08), C. S. Wright (1908–10), A. R. McLeod (1914–15, 1915–20), and W. L. Webster (1923–26).

so wags the world.” [A. S. Eve, *Rutherford, being the Life and Letters of the Rt. Hon. Lord Rutherford, O. M.* (Cambridge: Cambridge University Press, 1939), p. 28.]

- 14) J.J. Thomson & E. Rutherford, “On the Passage of Electricity through Gases exposed to Röntgen Rays,” *Philosophical Magazine*, 42 (1896), pp. 392–407; E. Rutherford, “Uranium Radiation and the Electrical Conduction produced by it,” *Philosophical Magazine*, 47 (1899), pp. 109–163.
- 15) E. N. da C. Andrade, *Rutherford and the Nature of the Atom* (Garden City, N. Y.: Doubleday, 1964), p. 50.
- 16) For Rutherford's research and activities at McGill, see John L. Heilbron, “Physics at McGill in Rutherford's Time,” in Mario Bunge and William R. Shea (ed.), *Rutherford and Physics at the Turn of the Century* (New York: Dawson and Science History Publications, 1979), pp. 42–73; A. S. Eve and J. Chadwick, “Lord Rutherford, 1871–1937,” *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society*, 2 (1936–1938), pp. 395–423 on pp. 398–403.

Queen's University of Kingston, Ontario, sent W. C. Baker (1900-02), D. C. Rose (1924-27), H. M. Cave (1926-29), and B. W. Sargent (1928-30) to the Cavendish. Dalhousie University of Halifax, Nova Scotia, sent G. H. Henderson (1919-22), C. A. Mackay (1921-23) and G. C. Laurence (1927-29). The University of Alberta sent J. F. Lehmann (1923-26).

Some important trends arose from this connection between the Cavendish Laboratory and the British dominions. First of all, a cycle emerged: former Cavendish researchers went to Australia and Canada to teach and then sent their own students to the Cavendish for advancing training. At the beginning of the twentieth century, J. J. Thomson was busy replying to letters of inquiry from former students, and Rutherford's letters contained numerous references to students he planned to send, or had already sent, to the Cavendish. Some of Rutherford's references were: "I hope to get the 1851 Scholarship for him [McClung] next year to send him once to you in a little beyond the preparatory stage of research," and "I hope Miss Brooks and McClung are doing well."¹⁷⁾ Typical of Thomson's replies were: "I shall be very glad to give Miss Brooks permission to work in the Laboratory & to attend lectures"; "McClung is doing very well"; and "Cooke is at present working at the question of the emanation from uranium."¹⁸⁾

Cavendish alumni took responsibility for the quality of the students they recommended to the Cavendish, and most Australian and Canadian students were provided with research experience before they headed to the Cavendish. For example, before sending Kleeman to the Cavendish, Henry Bragg at Adelaide had Kleeman assist him in researching and writing three papers on the range of α particles a particles using radium bromide that appeared in *Philosophical Magazine* in 1904 and 1905.¹⁹⁾ Joseph L. Glasson and Henry Bragg published two papers with him on the

17) Cambridge University Library MSS ADD 7654 R66 (9 January 1900) and R67 (26 December 1902): Rutherford to Thomson.

18) Cambridge University Library MSS ADD 7653 T18 (2 May 1902), T19 (13 May 1902), T23 (18 February 1904): Thomson to Rutherford.

19) W. H. Bragg and R. Kleeman, "On the Ionization Curves of Radium," *Philosophical Magazine*, 8 (1904), pp. 726-738; W. H. Bragg and R. Kleeman, "On the α Particles of Radium, and Their Loss of Range in Passing through Various Atoms and Molecules," *Philosophical Magazine*, 10 (1905), pp. 318-340; W. H. Bragg and R. Kleeman, "On the Recombination of Ions in Air and Other

nature of γ rays.²⁰⁾ Before sending P. W. Burbidge, J. K. Roberts and E. O. Hercus to the Cavendish, T. H. Laby published some papers with these junior researchers.²¹⁾ Rutherford at McGill University and J. C. McLennan at the University of Toronto acted similarly, entrusting to the Cavendish only students whose competence they trusted. One of Rutherford's students from McGill even declined Thomson's offer of working on thorium but instead continued his own research that Rutherford suggested to him before he had left for the Cavendish.²²⁾ Thomson greatly admired Canadian researchers, saying that "We have a great many men working here, among them two Canadians, Patterson and Baker, who are both doing well."²³⁾ It is therefore no wonder that most Australian and Canadian Cavendish researchers had been recipients of 1851 Research Scholarships.²⁴⁾

This superb quality of researchers from these two regions explains the sheer quantity of work that was produced at the Cavendish. Because the Australian and Canadian advanced students who came to the Cavendish were qualified for advanced research, their productivity at the Laboratory was higher than that of the average Cavendish researcher. Kleeman, for example, was a truly prolific writer of scientific papers. In eight years at the Cavendish (1905–1913), he published more than thirty substantial articles on the nature of various rays and on chemical attraction.²⁵⁾

Gases," *Philosophical Magazine*, 11 (1905), pp. 466–484.

20) W. H. Bragg and J. L. Glasson, "On a Want of Symmetry Shown by Secondary X-rays," *Philosophical Magazine*, 17 (1909), pp. 855–864.

21) T. H. Laby and P. W. Burbidge, "Nature of γ -Rays," *Nature*, 87 (1911), p. 144; T. H. Laby and P. W. Burbidge, "The Observation by Means of a String Electrometer of Fluctuations in the Ionization Produced by γ -Rays," *Proceedings of the Royal Society*, 86 (1912), pp. 333–348; T. H. Laby and J. K. Roberts, "New Method of Determining the Mechanical Equivalent of Heat," *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 32 (1920), pp. 34–45; T. H. Laby and E. O. Hercus, "Thermal Conductivity of Air," *Proceeding of the Royal Society*, 95 (1919), pp. 190–210.

22) Cambridge University Library MSS ADD 7653 M3 (10 October 1901): R. K. McClung to Rutherford.

23) Cambridge University Library MSS ADD 7653 T14 (15 February 1901): Thomson to Rutherford.

24) *Record of the Science Research Scholars of the Royal Commission for the Exhibition of 1851* (ref. 2). For Australian recipients of the 1851 Scholarship, see I. W. Wark, "1851 Science Research Scholarship Awards to Australians," *Records of the Australian Academy of Science*, 3 (1977), pp. 47–52.

25) Some samples of Kleemans papers are: "On the Recombination of Ions made by α , β , γ , and X-rays," *Philosophical Magazine*, 12 (1906), pp. 273–297; "The Ionization in various Gases by Secondary γ -rays," *Proceedings of the Royal Society*, 82 (1909), pp. 358–377; "An Investigation of the Determination of the Law of Chemical Attraction between Atoms from Physical Data,"

During Marc Oliphant's stay at the Cavendish between 1927 and 1937, he published more than twenty papers on transmutation, isotopes, and other subjects.²⁶⁾ J. Patterson (1900-1902) from Toronto and E. M. Wellisch (1907-1914) from Sydney were also very busy at the Laboratory, each of them publishing at least six papers for prestigious journals like *Philosophical Transactions* or *Philosophical Magazine*.²⁷⁾ In an average stay of two or three years, Australian or Canadian Cavendish advanced students published an average of two papers. Most worked on the popular research topics of their day: radiation during the first and second decades of the twentieth century and nuclear physics during the third and fourth decades.

3. Not just a Turning Point but a Crossroad

How did the Cavendish Laboratory affect the future career patterns of its Australian and Canadian alumni? For these researchers the Cavendish was a true graduate school where they were exposed to cutting-edge theories and could learn state-of-the-art experimental techniques. Because their status as advanced students as well as the requirements of the 1851 Research Scholarship both demanded *visible* results of their

Philosophical Magazine, 21 (1911), pp. 83-102; "Molecular Attraction and the Properties of Liquids," *Philosophical Magazine*, 22 (1911), pp. 566-586.

- 26) Some samples are: Marcus L. E. Oliphant, "The Action of Meta-stable Atoms of Helium on a Metal Surface," *Proceedings of the Royal Society*, 124 (1929), pp. 228-242; M. Oliphant and E. Rutherford, "Experiments on the Transmutation of Elements by Protons," *Proceedings of the Royal Society*, 141 (1933), pp. 259-281; M. Oliphant, E. S. Shire and B. M. Crowther, "Disintegration of the Separated Isotopes of Lithium by Protons and by Heavy Hydrogen," *Nature*, 133 (1924), p. 377; M. Oliphant, "The New High-Voltage Laboratory at Cambridge," *Nuovo Cimento*, 15 (1938), 160-166.
- 27) Some samples are as follows. J. Patterson, "On the Effect of Magnetic Field on the Resistance of Thin Metallic Films," *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 11 (1901), pp. 118-119; J. Patterson, "On the Change of the Electric Resistance of Metals when Placed in a Magnetic Field," *Philosophical Magazine*, 3 (1902), pp. 643-656; J. Patterson, "On the Ionization in Air at different Temperature and Pressures," *Philosophical Magazine*, 6 (1903), pp. 231-238; E. M. Wellisch, "The Passage of Electricity through Gaseous Mixtures," *Proceeding of the Royal Society*, 82 (1909), pp. 517; E. M. Wellisch, "The Mobility of Ions produced by Röntgen Rays in Gases and Vapours," *Philosophical Transactions*, 209 (1909), pp. 249-279; E. M. Wellisch, "An Electric Detector for Electromagnetic Waves," *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 15 (1909), pp. 500-517.

time at the Cavendish, they published, often in the most respected journals, which was easier to do in Cambridge than in their home countries. By publishing in *Philosophical Transactions*, *Philosophical Magazine*, *Nature*, or *Proceedings of the Royal Society of London* instead of *Transactions and Proceedings of the Royal Society of South Australia* or *Journal of Royal Astronomical Society of Canada*, Australian and Canadian Cavendish advanced students achieved greater recognition among their peers. Thus, their true professional trajectories began while they were at the Cavendish.

The label, “worked at the Cavendish Laboratory from such year to such year, under J. J. Thomson or Ernest Rutherford,” placed a premium on the services of these Australians and Canadians. They were now *Cavendish men*, trained at what remained the mecca of experimental physics for the first four decades of the century. In the 1900s and 1910s, the Cavendish was the center for research on the electron, ionization, radiation, positive rays, and *the* structure of atom.²⁸⁾ During the 1920s and 1930s, under the leadership of Rutherford, the Cavendish was *the* center for research on nuclear physics.²⁹⁾

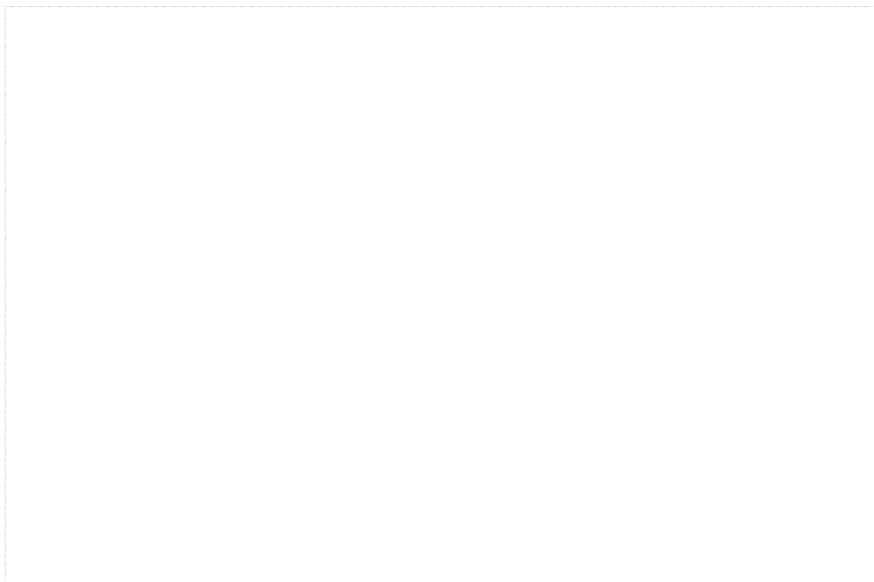


Photo 4. 1932 Cavendish Annual Photograph

28) Kim, *Leadership and Creativity*, chapter 5.

29) M. Oliphant, *Rutherford: Recollections of the Cambridge Days* (Amsterdam: Elsevier, 1972); J. Hendry (ed.), *Cambridge Physics in the Thirties* (Bristol: Adam Hilger, 1984).

The Cavendish annual photograph of 1932 reveals the glory of the Cavendish Laboratory in the early twentieth century. In the picture, J. J. Thomson and Rutherford are surrounded by many of their distinguished “pupils” (as Thomson called them) or “boys” (in the words of Rutherford). Eight of these eleven men in the front line were current or future Nobel Prize winners! Another future Laureate, E. T. S. Walton is in the second row. It is certain that the fame of the Cavendish Laboratory and its directors not only attracted the most gifted researchers, but also helped to determine to their future careers. Indeed, from the beginning of the twentieth century, Cavendish alumni dominated academic positions in physics in Britain and its dominions. So, for the Australians and Canadians who were fortunate enough to work at the Cavendish in the early twentieth century, their career horizons were wider than they otherwise would have been without that opportunity.

Naturally, the majority of these researchers returned to their home countries to fill academic positions and train new generations of physicists, some of whom would then sharpen their research skills at the Cavendish. T. H. Laby, who served as Professor of Physics at Victoria University College in the University of New Zealand for six years (1909–1915) and then as Professor of Natural Philosophy at the University of Melbourne for three decades, nurtured several dozen Australian and New Zealand physicists. Immediately after finishing their Cavendish studies, the Australians J. E. Glasson, R. Hosking, J. S. Rogers, and L. H. Martin returned home to contribute to the development of physical science, as did the New Zealanders P. W. Burbidge, E. O. Hercus, and R. R. Nimos. The Canadians R. K. McClung, A. N. Shaw, and E. S. Bieler, E. F. Burton, W. C. Baker, and G. H. Henderson also returned to their respective alma maters.

Nevertheless, a considerable number of Australian and Canadian researchers who were trained at the Cavendish between 1895 and 1930 did not return home after finishing their training. They instead found positions in Britain and other countries around the world. The number of these men reaches about 25% of the total number of Australian and Canadian researchers and almost 40% of the Australian and Canadian 1851 Research Scholars.

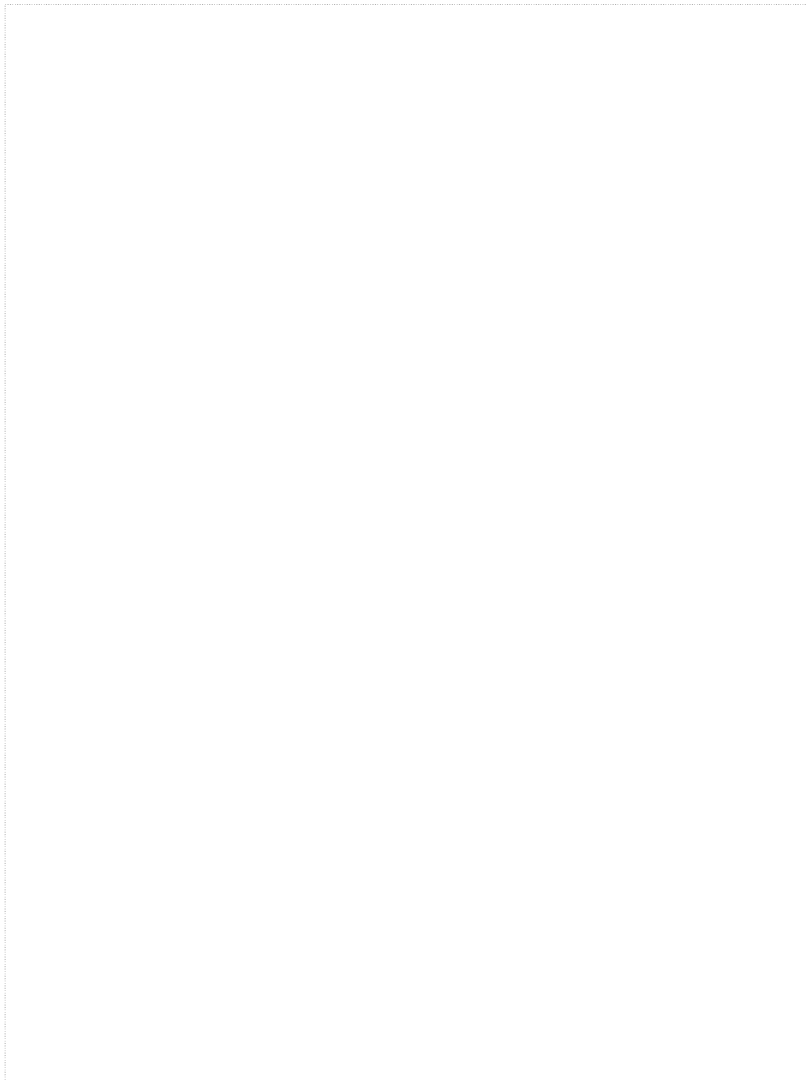
Among these, the most famous case was Rutherford. After serving as Macdonald Professor of Physics at McGill University from 1898 to 1907, he became Langworthy Professor of Physics at Victoria University of Manchester, England. In 1919, he succeeded J. J. Thomson to become the fourth Cavendish Professor of Experimental Physics. Under Rutherford's directorship, the Cavendish re-emerged as the mecca of experimental physics and made several important discoveries, including the discovery of the neutron in 1932.

Rutherford, however, was not the exception. There were many such cases.³⁰ Among the Australians, J. J. E. Durack from Sydney became Demonstrator and Lecturer of Physics at King's College, London, and then served as Professor of Physics for a long period at Allahabad University in India. Richard Kleeman from Adelaide became Professor of Physics at Union College in Schenectady, New York, in 1914. John K. Roberts from Melbourne served as research assistant at the National Physical Laboratory in London from 1922 to 1924. He returned to the Cavendish as research physicist from 1928 to 1933, and then became assistant director of the Colloid Science Laboratory at Cambridge until 1939. Marc Oliphant, co-discoverer of tritium (hydrogen-3) and helium-3, spent ten years at the Cavendish as a close collaborator of Rutherford. In 1937, Oliphant became Professor of Physics at the University of Birmingham, where he stayed for thirteen years until returning to his homeland to head the newly founded Australian National University.

Many Canadians also settled into berths outside of their home country. When H. L. Cooke from McGill finished his training at the Cavendish in 1906, he accepted an assistant professorship of physics at Princeton University, where he remained to teach American students for more than three decades. John Patterson from Toronto spent eight years in India, first at Muir Central College in Allahabad (1902-04), then as India's imperial meteorologist (1905-09), before returning to Canada in 1909. C. S. Wright from Toronto served as physicist to the British Antarctic Expedition in 1910 and then was appointed Lecturer in Cartography and Surveying at Cambridge

30) *Record of the Science Research Scholars of the Royal Commission for the Exhibition of 1851* (ref. 2): *Dictionary of National Biography* (1901-1911), (1912-1921), (1922-1930), (1931-1940).

University. After his 1851 Research Scholarship expired, W. L. Webster from Toronto continued to work at the Cavendish. J. F. Lehmann from Alberta, who had been researching ionization at the Cavendish, became a research physicist at an English chemical company.



- : Colonial Researchers from Their Home Countries to the Cavendish
- : Colonial Researchers Returning to Their Home Countries
-→ : Colonial Researchers Moving to Other Destinations

Why and how did a large percentage of Australians and Canadians accept employment outside their homelands? I argue that, when they left the Cavendish, they no longer were viewed, and no longer viewed themselves, as *physicists from Australia, New Zealand, or Canada*. They had assumed the aura of *Cavendish men* with much wider vistas and opportunities. Like Rutherford, if they had the talent and the will, they could choose from any number of career paths. In other words, their final destinations no longer were determined by their origins or their pre-Cavendish experiences. The above diagram indicates that the Cavendish did not mean just a turning point (above) but a crossroad or a stepping stone for these Australians and Canadians (below).

4. Further Remarks

I would like to raise two questions for future research. The first is: How well can the traditional *center-periphery* relation or *metropolis-periphery* relation explain this case? In my opinion, *not very well*. These traditional tools imply, consciously or unconsciously, one-way power and control: the center or metropolis controls the periphery and the periphery depends exclusively on the center. In other words, the center is always the *giver* (or the *exploiter*) and the periphery always the *recipient* (or the *exploited*).³¹⁾ In the relation between the Cavendish and the development of

31) For the recent studies about the metropolis-periphery relation, see R. W. Home (ed.), *Australian Science in the Making* (ref.4); Roy M. MacLeod (ed.), *The Commonwealth of Science: ANZAAS and the Scientific Enterprise in Australia, 1888-1988* (Melbourne: Oxford University Press, 1988); Lewis Pyenson, *Empire of Reason: Exact Science in Indonesia, 1840-1940* (Leiden: E. J. Brill, 1989); R. W. Home & S. G. Kohlstedt (eds.), *International Science and National Scientific Identity: Australia between Britain and America* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991); Svante Lindqvist (ed.), *Center on the Periphery: Historical Aspects of 20th-Century Swedish Physics* (Canton, MA: Science History Publications, 1993); Roy M. MacLeod (ed.), *Nature and Empire: Science and the Colonial Enterprise*, *Osiris*, 15 (2000); Edward Shils, "Metropolis and Province in the Intellectual Community," in E. Shils, *The Intellectuals and the Powers and Other Essays* (Chicago: University of Chicago Press, 1972), pp. 355-371; Roy M. MacLeod, "On Visiting the Moving Metropolis: Reflections on the Architecture of Imperial Science," *Historical Records of Australian Science*, 5 (1982), pp. 1-16; Barry W. Butcher, "Science and the Imperial Vision: The

physics in Australia and Canada, however, there was a *reciprocal* relationship. The Australian and Canadian physics communities secured the best training camp for their most talented students, and the Cavendish Laboratory enjoyed a steady flow of young scientists-in-training.

The other question that I want to pose is: How much and in what way the Cavendish *style* of physics influence the physics communities of Australia or Canada? It is quite certain that in the early twentieth century the Cavendish style of physics greatly influenced the *formation* of the physics communities in both Australia and Canada. However, even in the 1910s and especially after the end of the First World War, Canadian physicists became closer to the American physics community, and Australian physicists also began to be influenced by the American style of doing physics. One useful indication of this new trend, which I found while doing this research, is the rising number of publications in American physics journals by Australian and Canadian researchers. In short, we do not yet know how deep and how long the Cavendish style physics influenced the Australian and Canadian physicists' scientific works *at home*. Only by looking into more case studies can we answer these two questions.

Imperial Geophysical Experimental Survey, 1928-1930," *Historical Records of Australian Science*, 6 (1984), pp. 31-42; Ian Inkster, "Scientific Enterprise and the Colonial Model: Observations on Australian Experience in Historical Context," *Social Studies of Science*, 15 (1985), pp. 677-704; Gabor Pallo, "Some Conceptual Problems of the Center-Periphery Relationship in the History of Science," *Philosophy and Social Action*, 13 (1987), pp. 27-32; Sharon Traweek, "Big Science and Colonialist Discourse: Building High-Energy Physics in Japan," in Peter Galison and Bruce Hevly (eds.), *Big Science: The Growth of Large-Scale Research* (Stanford: Stanford University Press, 1992), pp. 100-128.

과학과 이념으로서의 진화: 캔자스 교과서 논쟁의 경우 *

박 희 주

영산대학교 교양학부

Evolution as Science and Ideology: Kansas Textbook Controversy

PARK Heejoo

School of General Education

Yongsan University

ABSTRACT

This article documents the recent evolution controversy in Kansas. In August 1999 the Kansas Board of Education passed the new Science Education Standards that excluded some of the fundamental concepts of modern science, macro-evolution and Big Bang. This exclusion stirred up heated controversy nationwide. This article focuses on the ideological conflicts expressed in this controversy.

Besides the ideological dimension of this controversy, two things are significant in the history of creation-evolution controversy in America. First, a new anti-evolution strategy emerged. The new Science Education Standards excluded evolution in the state test for Kansas highschool students. An immediate implication of this decision is that even if students do not study evolution they will not be disadvantaged in entering universities in Kansas as evolution is not included in the test. If the Standards was implemented, it would seriously weaken the evolution education in

* 이 논문은 2001년도 과학문화연구센터의 지원에 의하여 연구되었음.

the public schools in Kansas. Second, the Intelligent Design emerged as a new force. Though the old scientific creationism initiated the Kansas controversy, the Intelligent Design quickly came in the forefront. This signified an important change in the recent history of the creation-evolution controversy and needs further study.

Key Words: Evolution Controversy, Kansas Textbook Controversy, Intelligent Design, Creationism, Science and Religion

1999년 8월 미국 캔자스주 교육위원회는 진화론 교육과 관련해 1년여의 심의를 거친 끝에 중대한 결정을 내렸다. 박빙의 표결을 거쳐 새로운 과학교육표준지침을 통과시키며 전국적인 논쟁을 불러일으킨 것이다. 논쟁의 핵심은 이 지침이 대진화와 빅뱅이론 등 몇 가지 핵심 과학개념들을 의도적으로 배제하고 있다는 점이었다. 뉴욕 타임즈를 비롯한 미국의 대표적인 언론들은 캔자스주의 결정에 대해 즉각적인 비판을 가했으며 미국과학한림원, 미국과학진흥협회 등 대표적 과학단체들에서도 이 문제를 직접 거론하며 개입하기 시작했다. 이는 한국의 주요 일간지들에서도 “美 캔자스주 교과서 ‘진화론’ 삭제”(동아일보) “美 캔자스주, ‘진화론’ 교과과정서 삭제 결정”(중앙일보) 등의 제목으로 보도된 바 있다.¹⁾ 이렇게 시작된 캔자스 진화론 논쟁은 새로 선출된 교육위원회 위원들이 2001년 2월 진화론을 교육지침에 재도입하기로 결정함으로써 일단락된다.

캔자스 사건이 이처럼 전국적인 논쟁을 불러일으키게 된 데는 몇 가지 이유가 있는 것으로 보인다. 우선 이 사건을 침소봉대해 마치 1920년대 반진화론법이 부활한 것 같이 보도한 언론의 센세이셔널리즘을 들 수 있다. 캔자스 주의 결정이 과도한 해석을 낳을 수 있는 소지를 안고 있기는 했으나 언론의 보도는 과장된 측면이 많다. 둘째는 새롭게 부상한 지적설계운동(Intelligent Design Movement)이 논의의 전면에 부각되며 진화론 논쟁을 새로운 차원으로 끌고 간 것이다.²⁾ 이들은 과거의 창조론 운동과는 달리 진화론에 대한 일방

1) “美 캔자스주 교과서 ‘진화론’ 삭제...교육위 창조론 지지”, 『동아일보』 (1999. 8. 12); “美 캔자스주, ‘진화론’ 교과과정서 삭제 결정”, 『중앙일보』 (1999. 8. 13).

2) 지적설계운동은 1980년대 지구연령을 만년 정도로 보는 소위 짧은지구창조론자들 중심의 창조론 운동에 대한 반동으로 볼 수 있다. 지구연령과 같은 문제에서 창조론 운동이 지적으로 매우 무리한 입장을 고수함에 따라 전체 보수기독교공동체의 지적신뢰성을 실추하고 기독교 사회 내적으로도 분열적인 이슈로 작용하고 있다는 판단에 따라 지적설계운동은 전체 논쟁구도를 창조-진화에서 유신론 대 무신론적 자연주의의 대결로 다시 짚 것을 제안한다. 이러한 구도는 무신론적 자연주의라고 하는 보다 광범위한 공동의

적인 비판을 벗어나 보다 정교한 논의를 통해 진화론의 과학외적인 차원을 설득력 있게 보여주는 데 성공했다. 이들은 미국 문화 속에서 진화론이 수행하는 이념적 기능에 대해 날카로운 비판을 가하며 캔자스 논쟁에서 가장 민감하게 논란이 된 부분이 무엇인가를 도전적으로 제시한 것이다. 이에 따라 지적설계론 자체가 쟁점으로 떠오르며 논쟁에 불을 지폈다.

그러면 캔자스 논쟁을 어떻게 볼 것인가? 이를 과학과 반과학 혹은 과학과 종교의 대립으로 단순화시키는 데는 한계가 있다. 우선 과학과 반과학의 구분 자체가 모호하다. 반과학으로 분류되는 창조과학이나 지적설계론도 과학성을 표방하며 이들의 과학성 자체가 철학적 쟁점으로 떠올랐기 때문이다. 뿐만 아니라 과학으로 구분되는 진화론도 이념적인 차원을 동반하고 있으며 종교로 분류된 창조론(지적설계론)측도 앞의 지적과 같이 과학을 표방하고 있기 때문이다. 표면적으로는 과학교과표준제정을 둘러싼 과학교육논쟁이지만 그 이면에는 이 논쟁을 결과한 이념적 힘들의 갈등이 꿈틀거리고 있었으며 캔자스 사건은 이러한 이념과 과학이 혼입된 논쟁으로 파악할 필요가 있다.

이 글에서는 캔자스 논쟁을 미국사회의 보수적 종교적 세계관과 진보적 세속적 세계관 간의 대립이 빚은 이념적 문화적 갈등의 일단으로 파악하고자 한다. 우선 논쟁에 참여한 주 논객들이 이 논쟁을 그러한 구도로 이해하고 있음을 지적할 수 있다. 예를 들어 U.C. 버클리의 법학교수이며 지적설계운동을 이끌었던 필립 존슨은 캔자스 결정이 내려진 직후 월스트리트저널에 기고한 “다윈의 사원”이란 글에서 캔자스의 결정을 과학적 자연주의라는 특정 세계관에 대한 저항으로 파악하고 있다.³⁾ 세속적 인본주의는 종교적 보수파들이 흔히 자연주의적 세계관의 한 극단으로 지목하는 이념인데 그 대표적 잡지인 『인본주의자』에서도 “문화전쟁”이란 고정색션에서 즉각 캔자스 사건을 다루었다. 이들은 캔자스 결정을 “정치화된 창조론자들이 세속적 특성을 가진 공공교육을 자신들의 독특한 기독교 교리해석에 바탕을 둔 자신들만의 세계관으로 대체하고자”하는 시도로 보았다.⁴⁾ 그리고 진화는 낙태, 동성애, 안락사, 성교육과 더불어 80년대 소위 문화전쟁의 대표적인 이슈의 하나로 논쟁되어 왔다.

적을 설정함으로 진화론을 둘러싼 보수기독교내의 분열을 수습하고자 하는 전략적 고려를 깔고 있다. 전략적 민감성과 지적 세련미로 무장한 지적설계론은 기존의 창조론 운동과는 달리 소수이기는 하나 주류 대학사회의 안정된 학자들의 뒷받침을 받고 있다. 지적설계운동의 대표적 리더는 UC 버클리의 법학교수 필립 존슨이다. 그가 1991년 출판한 *Darwin On Trial* 은 보수 기독교사회에서 공전의 베스트 셀러를 기록하며 지적설계운동의 막을 열었다.

3) Philip Johnson, “The Church of Darwin”, *Wall Street Journal* (August 16, 1999).

4) Joseph Chuman, “The Culture War: We can’t be in Kansas anymore”, *The Humanist* (November/December, 1999), p. 37.

이 글은 1999년 8월 캔자스 교육위원회의 결정에서 2001년 2월 이 결정이 번복되기까지 1년 반 동안 진화론을 둘러싸고 발생한 논쟁을 다룬다. 구체적으로는 캔자스논쟁을 통해 드러난 다양한 이념적 문화적 갈등을 살펴볼 것이며 이를 위해 지역 신문들과 대표적 전국 신문, 교양지 등에 실린 사실, 과학자와 교육자들의 의견, 시민들의 의견들을 주로 살펴볼 것이다.

1. 배경: 90년대 과학교육개혁운동과 국가과학교육표준의 탄생

캔자스 교과서 논쟁의 핵심인 “과학교육표준, Science Education Standards”에 대한 이해를 위해서는 과학교육표준개념이 도입된 10년 전으로 거슬러 올라가야 한다. 1990년대는 미국 교육에 있어서 개혁의 시대라고 할 수 있다. 개혁을 위한 핵심전략은 두 단계로 이루어졌는데 첫째는 국가적 목표의 확립이고 둘째는 이를 성취하기 위한 국가적 표준의 개발이다.⁵⁾ 미국경제의 세계 경쟁력확보를 기치로 내건 국가적 교육목표는 1989년 전국 주지사 회의를 통과했으며 이를 구체화하기 위해 당시 부시 행정부는 “미국 2000년”으로 알려진 교육개혁 추진책을 도입했다. 여기에는 새로운 교과과정의 도입, 구체적인 학업표준의 수립, 국가차원의 시험제도 등이 포함되었다.⁶⁾ 국가적인 기준을 세우고 이를 균일하게 적용함으로써 교육의 수준과 균질성을 확보하고자 하는 이러한 시도는 중앙집중식 통제로만 아들이될 소지가 있었으며 따라서 미국 교육체제의 대표적 특징인 교육의 지역 자율식 통제(학부모와 교사가 핵심역할을 하는)와 정면으로 부딪히며 일선 교육현장에서 갈등을 일으킬 가능성을 애초부터 안고 있었다.

부시행정부에 이어 클린턴 행정부는 “목표 2000년”이란 새로운 기치아래 교육개혁운동을 가속화했으며 1994년 미국 교육법(The Educate America Act)을 의회에서 통과시켰다. 이 법에 따르면 주 정부에서 마련한 교육지침은 영어, 역사, 수학 그리고 과학 분야들에서의 교육의 수준과 균질성 확보를 위해 중앙정부의 검토를 거쳐야만 했다. 이 검토 조항은 1996년 공화당이 주도하는 의회에서 삭제되기는 했지만 표준화된 교육지침을 통해 교육의

5) 1990년대 시작한 미국의 과학교육개혁운동은 전국민의 과학문맹퇴치를 궁극적 목표로 천명하고 있다. 이 목적지에 도착할 수 있도록 안내하는 지도에 해당하는 것이 바로 과학교육표준이라고 할 수 있다.

6) National Research Council, *National Science Education Standards* (National Academy Press: Washington, 1996), pp. 12-13.

균질성을 확보하려는 경향은 지속되었다.

“목표 2000년” 계획에 따라 각 주는 과학교육표준지침을 마련하기 시작했으며 이를 위해 여러 과학단체들과 과학교사단체들에서는 과학 분야의 최고권위기관인 과학한림원(National Academy of Sciences)에 각 주들이 참고할 수 있는 과학표준의 모델을 개발해 줄 것을 요청했다. 과학한림원의 국가연구위원회(National Research Council)가 이 작업을 주관했고 5년 간의 방대한 작업을 거쳐 1996년 마침내 국가과학교육표준(*National Science Education Standards*, 이후 NSES로 약칭)이 탄생하게 되었다.

NSES에 포함된 표준은 크게 교습, 평가, 내용으로 나뉘어 진다. 내용표준은 다시 유치원에서 고등학교에 이르기까지 전학년에 공통으로 적용되는 “통합적 개념과 과정들” 항목과 그리고 대상 연령층을 3개 군으로 나누어 수준을 달리해 적용되는 물리과학, 생명과학, 지구 및 우주과학, 과학의 역사와 본질 등 총 8개 항목으로 세분된다. 진화는 “시스템 증거, 측정, 형상과 기능” 등의 개념과 함께 다섯 가지의 “통합적 개념과 과정들”의 하나로 소개되며 생명체의 진화뿐만 아니라 우주의 진화도 아우르는 포괄적 개념으로 정의되었다. 진화 외에는 이념적 분쟁의 소지를 안은 개념은 거의 없었다. 생물진화 9-12학년 NSES를 모델로 과학교육표준을 개발했던 주들은 이러한 구조를 기본적으로 채택하고 있었으며 캔자스 역시 마찬가지였다. 나중에 문제가 된 캔자스 과학표준의 대진화와 빅뱅이론은 바로 이 생명과학과 지구 및 우주과학의 영역에 포함된 것이었다.⁷⁾ 이 부분이 캔자스주 과학표준에서 문제가 되자 과학한림원은 NSES로부터 인용한 부분에 대한 사용허가를 취소하겠다고 나서며 전국적인 문제로 확산하는 계기가 되기도 하였다.

2. 캔자스주의 과학교육표준 도입

캔자스 주 교육위원회는 국가적 추세에 맞추어 1989년 공교육표준 확립을 위한 작업에 착수하여 1993년 캔자스 과학교과표준(*Kansas Curricular Standards for Science*)을 확정했다. 1995년 부분적인 개정이 이루어졌지만 이듬해 NSES가 출간되면서 본격적인 개정필요성을 느낀 교육위원회는 1997년 8월 산하 과학표준분과위원회에 학생들의 학습내용에 대한 보다 구체적이고 명확한 개정 표준안을 마련하도록 지시하며, 학습내용의 중요도를

7) 국가과학교육표준은 과학한림원의 홈페이지에서 전문을 pdf파일로 다운받을 수 있다(<http://books.nap.edu/html/nses/pdf>).

정해 이를 평가시험에 반영할 수 있는 방법도 아울러 제시하도록 했다.⁸⁾ 학습내용에 대한 강조는 관찰, 분류, 측정 등 과정위주의 과학교육(process-based science education)에 대한 비판적 조류에 따른 것인데 학생들이 과학의 핵심적 내용에 대한 이해를 제대로 하지 못한 채 학교 문을 나서고 있다는 현실 인식에서 비롯된 것이다. 이러한 내용위주 혹은 사실위주의 과학교육(fact-oriented science education)은 개정된 교육표준에서 진화를 여타 핵심적 과학개념과 함께 과학이론이 아닌 과학적 사실로 진술함으로써 교과서논쟁의 근본원인을 제공하게 된다.⁹⁾

1998년 여름 캔자스 교육위원회는 현직 교사와 교수 등 과학교육 전문가 27인으로 집필위원회를 구성하였다. 위원회는 NSES를 토대로 하고 미국과학진흥협회, 과학교사협회가 발간한 자료들을 참고로 하여 본격적인 개정작업에 들어가 12월부터는 공청회를 통해 여론을 수렴하기 시작했다. 논쟁의 조짐은 공청회에서 이미 나타나기 시작했는데 일부 순회공청회는 진화를 반대하는 청중들로 북새통을 이루었다. 캔자스의 대표적인 신문들에는 이에 대한 찬반여론이 독자 투고 난을 통해 쏟아졌다. “한쪽 이론만 가르치는 것은 부당하다”, “진화는 또 다른 종교에 다름 아니다”, “중간 종의 부재는 진화를 부정한다”, “교과과정의 결정은 지역사회가 결정해야한다”는 등의 개정안 반대에서 “대안이론의 도입에 대한 결정은 종교적 동기를 가진 시민이 아닌 과학교사와 과학자들이 해야한다” 찬성에 이르기까지 다양한 의견이 맞섰던 것이다.

캔자스의 교육위원회는 선거에 의해 선출되는 10인의 위원으로 이루어져 있다. 이 당시 보수적 성향의 위원이 위원회의 절반을 차지하고 있어 이미 여러 안건들에서 5-5로 팽팽하게 대립하는 난맥상을 보여왔다. 진화문제는 이러한 대립상을 더욱 첨예화 시켰다. 교육위원회 내에서 보수적인 목소리를 대변하던 스티브 아브람스는 보다 근본적인 대책을 강구해야 된다고 생각했다. 아브람스는 수의사이며 침례교 신자로서 정치적으로 종교적 우익에서 활발하게 활동하던 인물이었다. 아브람스의 생각을 굳히게 한 것은 창조연구회 중부지부 회장인 톰 윌리스였다. 집필위원회의 공청회 시안을 검토한 윌리스는 대체안이 필요하다고 결론을 내렸고 이를 작성한 후 상정방법에 대해 아브람스와 상의했던 것이다.¹⁰⁾ 두

8) *Kansas Science Education Standards*, 5th Working Draft (July, 1999). 캔자스 과학교육표준의 개정작업이 진행되며 만들어진 다양한 개정판과 이들을 비교한 표는 ‘과학을 위한 캔자스 시민 모임의 위원인 Jack Krebs가 자신의 홈페이지에서 제공하고 있다(<http://www.sunflower.com/~jkrebs>). 앞의 5th Working Draft에는 쪽수가 표기되어 있지 않다. 본문에서 언급된 내용은 “Background Information” 항목에서 인용된 것임.

9) Edward Larson & Larry Witham, “Inherit an ill wind”, *The Nation* (1999, Oct. 4), p. 28.

10) Kate Beem, “Focus is on state science standards”, *The Kansas City Star* (May 11, 1999).

사람 모두 진화론을 반대할 뿐만 아니라 지구연령을 10,000년 정도로 추산하는 소위 젊은 지구창조론자들이었다. 대체안 작성을 도맡았던 윌리스는 한 신문과의 인터뷰에서 진화는 여타 과학이론과는 달리 반복 재현하지 못하는 역사적인 현상이며 지난 역사에서 이를 관찰한 사람도 없기 때문에 검증할 수도 없는 이론이라고 주장하며 “성경의 증언은 진화를 거부한다”고 목소리를 높였다.¹¹⁾

아브람스는 물밑작업을 거친 후 대체안을 1999년 5월 위원회에 제출했다. 아브람스는 이날 토의된 『캔자스 과학교육표준』 4차 시안에 대해 명백한 거부의를사를 표명하며 “4a 시안”이라고 명한 자신의 안을 대안으로 제시했다. 그는 참된 과학(good science)은 “관찰가능하고, 측정가능하며, 반복가능하며 또한 반증가능한” 과학이라고 정의하며 4차 시안에서 거론된 진화는 이러한 범주에 들지 않는다고 반대이유를 분명히 했다.¹²⁾ 4a 시안의 가장 커다란 특징은 도입부의 과학에 대한 정의인데 반대자들로부터 비판이 집중된 부분이다. 이 시안은 과학을 이론과학과 역사적 과학으로 나누며 후자는 앞의 참된 과학의 범주에 들지 않는다고 주장한다. 역사적 과학의 대표적인 예가 진화이며 달리 말해 진화를 과학의 영역에서 배제하는 방식으로 과학에 대한 정의가 이루어진 것이다. 역사적 과학은 경험과학은 아니지만 그 내용은 “우리가 어디서 왔으며, 우리가 여기 존재하는 이유, 어떻게 삶을 살아가야 하는지, 그리고 우리는 궁극적으로 어디를 향해 가는가”라는 질문에 대해 “극도로 중요한 함의”를 가진다고 설명한다. 이러한 기원에 관한 역사적 과학은 크게 “대진화”와 “지적설계”로 나누어지며 이 양자는 경험적으로 검증불가능하기 때문에 우열을 가릴 수 없으며 따라서 학습을 강요할 수도 없고 시험출제의 대상도 될 수 없다고 못박는다. 진화에 대한 설명은 용어해설 부분에 등장하는데 진화를 대진화와 소진화로 나누어 종 내 변화인 소진화는 관찰 가능한 과학이론이나 중간 변화를 설명하는 대진화는 한번도 관찰된 적이 없는 역사적 과학에 속한다고 주장한다.¹³⁾ 이와 아울러 창조는 우주에 나타나는 설계나 복잡성은 지적설계자를 요구한다고 하는 사상으로 설명한다.

아브람스의 대체안은 교육위원회 내의 갈등을 증폭시켰다. 사태를 수습하기 위해 교육관은 중재를 시도했지만 연이은 5월과 6월의 공청회는 대략 과학 교육자들과 종교적인 성향의 학부모로 나뉘어 합성이 오가는 아수라장으로 변하고 말았다. 캔자스 내의 과학과 과학

11) Kate Beem, “Next conflict for Board of Education: evolution consideration of science standard looms for Kansas”, *Kansas City Star* (April 12, 1999), p. A1.

12) *Kansas State Board of Education Meeting Minutes* (May 12, 1999). 캔자스 교육위원회 회의록은 캔자스 교육부 홈페이지에 공개되어 있다 (<http://www.ksde.org>).

13) *Kansas Science Education Standards, Working Draft Trial 4a*, (April 24, 1999).

교육단체들 중 교육위원회와 주요 신문의 편집인에게 청원서를 보내지 않은 단체는 거의 없을 정도였다.¹⁴⁾ 사태가 이쯤 되자 과학교육표준 집필위원회는 타협안을 담은 5차 시안을 7월에 제시했다. 지구상의 생명체의 연령에 대한 언급을 제거했으며 과학의 통합적 개념(unifying concept)으로서의 “진화”를 “누적적 변화의 패턴”으로 대체했다. 4a 시안에 쏟아진 거센 비판에 한 풀 꺾인 아브람스도 결국 4a 시안을 포기하고 5차 시안에 수정을 가한 대체시안을 만든다. 8월 11일 27인의 과학교육전문가로 구성된 집필위원회의 5차 시안과 아브람스가 뜻을 같이하는 위원 두 사람과 급조한 소위원회이름의 대체시안이 나란히 교육위원회에 상정되었다. 치열한 공방 끝에 6-4의 표 차로 아브람스의 대체시안이 결국 통과된다.¹⁵⁾

3. 수정안 무엇이 문제인가?

아브람스의 대체시안은 전국적인 파장을 불러 일으켰다. 도대체 어떤 수정이 5차 시안에 가해졌기에 전국적인 논쟁의 초점이 된 것일까? 5차시안과 대체시안을 비교 검토할 필요가 있다. 5차 시안의 기본적인 구성은 NSES체제를 그대로 도입하고 있는데 전체과학을 통합하는 다섯 가지 통합개념과 과정을 전반적으로 적용하고 있고, 학생들이 학습과정을 통해 익혀야만 하는 과학지식의 표준을 7가지 영역으로 나누어 다루고 있다.¹⁶⁾ 과학교육표준이 대상으로 하는 연령층은 유치원에서 12학년(고등학교)까지인데 이를 네 그룹으로 나누어 7가지 표준영역을 각각 다루고 있다.

100쪽이 조금 넘는 5차 시안에 사소한 수정은 제외하고도 굵직한 삭제, 삽입만 50여 군데 가해졌다. 가장 논란이 된 부분은 당연히 진화론에 관련된 부분이었다. 먼저 “누적적 변화의 패턴”의 삭제를 들 수 있다 4차 시안에서 전체 과학을 관통하는 다섯 가지 통합 개념과 과정의 하나로 “진화”가 도입되었다가 문제가 되자 5차 시안에서는 타협안으로 “누적적 변화의 패턴”이란 용어가 제시되었다. 아브람스의 시안에서는 단순한 용어변경 정도로 만족치 못하고 이에 대한 설명을 포함해 아예 제거해 버린 것이다.¹⁷⁾

14) Edward Larson & Larry Witham, “Inherit an ill wind”, *The Nation* (1999, Oct. 4), p. 28.

15) *Kansas State Board of Education Meeting Minutes* (August 11, 1999).

16) 7가지 표준영역은 다음과 같다. 1. 탐구과정으로서의 과학, 2. 물리과학, 3. 생명과학, 4. 지구 및 우주과학, 5. 과학과 기술, 6. 개인과 사회적 관점에서 본 과학, 7. 과학의 역사와 본질

17) “과학을 위한 캔자스 시민의 모임”은 아브람스가 5차 시안에 가한 수정부분을 빨간색(삭제)과 파란색

제일 심각한 삭제는 진화론을 가장 폭넓게 다룬 9-12학년 생명과학표준에서 일어났다. 3쪽에 이르는 분량을 거의 완전히 삭제해 버린 것이다. 삭제된 내용에는 공통조상설 진화론에 의한 생물다양성 설명, 대진화와 소진화, 변이의 발생과 진화과정에서의 역할 등에 대한 설명이 포함되었다. 자연선택은 진화론과 관련해 유일하게 남겨둔 부분이다.¹⁸⁾ 하지만 여기에도 제한을 가해 자연선택이 유전적 변이를 발생시키는 것은 틀림없지만 “현존하는 유전자코드에 어떤 새로운 정보도 더하지는 못한다”고 주장하며 자연선택의 역할을 심각하게 축소했다.¹⁹⁾ 소진화는 인정하나 대진화는 인정하지 않으며 자연선택의 존재자체는 인정하나 이것이 창조적인 힘으로 작용하지는 못한다는 창조론자의 입장이 그대로 반영되어 있음을 알 수 있다.

지구 및 우주과학표준에도 심각한 수정이 가해졌다. 수정된 내용은 진화론을 대체하는 대홍수설과 같은 격변설을 암시하는 것들이었다. 예를 들어 “화석은 어떻게 형성되는가; ... 생물체가 화석화되는데 얼마나 오랜 시간이 걸리는가; 모든 화석생물들은 토사에 묻힐 당시 죽은 상태였는가”를 질문하고 이에 대해 토론하는 항목을 삽입했다.²⁰⁾ 혹은 “공룡의 특성과 멸종에 대한 가설들을 분석하라. 이러한 가설에 깔려있는 전제를 가려내고 그 가설로 이끈 추론이 가진 문제점을 보여라”도 삽입되었다.²¹⁾ 장구한 지구연령을 의미하는 다음과 같은 예제는 삭제되었다: “화장실 두루말이 휴지로 나타내본 지구의 역사”란 제목이 붙은 연습예제인데 “휴지에 표시된 한 칸을 1억 년으로 해서 지구역사상 대표적인 시기「마지막 빙하기, 고생대의 시작 등」들을 휴지 위에 표시하라.”²²⁾ 지구연령을 1-2만년 정도로 주장하는 젊은지구창조론의 흔적이 배여 있는 대목이다. 이는 모두 지층의 형성, 화석생성과 공룡의 멸종에 대한 설명으로서 진화론을 대체하는 대홍수설과 같은 격변설을 암시하는 대목들이다.

8-12학년 지구 및 우주과학 표준에 가해진 수정에는 젊은지구창조론의 흔적이 더욱 뚜

(삽입)으로 표시하여 한 눈에 비교 가능하게 한 비교표를 만들었다. 5차시안과 아브람스의 대체안에 대한 비교검토는 이 비교표를 주로 사용하였다. Peter Gegenheimer, *Revision Markup of the Kansas State Board of Education's Science Education Standards: Markup Version Comparison of Draft 5 of July 1999 (prepared by the external Standards Writing Committee) and the Approved Version of 11 August 1999 (prepared by the Board's Standards Subcommittee)*, (1999), p. 12(이 쪽수는 8월 11일 통과된 아브람스 대체 시안의 쪽수임).

18) *Ibid.*, pp. 80-82.

19) *Ibid.*, pp. 51-52.

20) *Ibid.*, p. 28.

21) *Ibid.*, p. 40.

22) *Ibid.*, p. 55.

렷하게 나타나있다. 대체안 87쪽에 삽입된 예제는 “그랜드캐년의 지층에 포함된 화석에 대한 모든 출판된 데이터들을 검토하라”고 제안한다. 그랜드캐년은 90년대 들어 젊은지구창조론자들이 대홍수(예: 창세기의 대홍수)와 같은 격변에 의해 지층현상과 화석들이 생성되었다는 관점에서 연구를 가장 활발하게 수행하고 그 결과도 출판하고 있는 연구영역이다. 이어 같은 쪽에 삽입된 다른 예제에서는 “암석과 화석연대가 어떻게 측정되는지 조사하라. 방사능 동위원소법에 깔려있는 전제를 파악하라”고 제안하며 방사능 동위원소에 의한 연대 측정법도 비판적인 시각에서 검토할 것을 제안하고 있다. 이 역시 젊은지구창조론에 등장하는 단골메뉴이다.²³⁾

연이어 88쪽에서 삭제된 빅뱅이론은 진화론과 함께 아브람스의 대체안에서 가장 많은 논란이 일었던 부분이다. “우주의 기원은 과학에서 가장 커다란 미지의 영역이다. 빅뱅이론에 의하면 우주의 기원은 100내지 200억 년 전 초고온 초고밀도의 상태에서부터 시작되었다.” 반대자들은 이 부분의 삭제를 특별히 문제삼았다. 왜냐하면 이는 생물학, 지질학에 이어 우주론의 부분까지 삭제한 것이며 이러다가는 생물학뿐만 아니라 과학교육 전체가 부실해 질 것이기 때문이었다.

과학분야의 표준에 가해진 이상의 수정을 종합하면 대체안은 노골적으로 진화론을 반대하거나 젊은지구창조론을 옹호하지는 않은 것으로 볼 수 있다. 오히려 삭제와 간접적인 제안을 통해 진화론에 대한 대안의 가능성을 여는데 전체 수정방향이 조율되어 있는 것으로 보인다. 이러한 의도는 대체안의 서론부분에 잘 드러나 있는데 교사가 판단하기에 과학의 영역을 벗어난 질문을 학생이 하는 경우 교사는 “그것이 왜 과학의 영역을 벗어난 질문인지 설명하고 그러한 질문은 가족이나 목사와 상의하도록 지도해야한다”는 내용을 삭제하고 이를 “어떤 증거나 분석이 현 과학이론과 어긋난다고 해서 이를 검열삭제해서는 안 된다”로 대체하며 대안이론의 문을 열었다.²⁴⁾ 나아가 또 다른 삽입부에서 학생들은 “비판적이고 논리적인 사고를 통해 이론의 전제가 무엇이며 잘못된 추론이 있는지 분석하고” 나아가 “대안설명에도 귀를 기울여야한다”고 못을 박는다. 왜냐하면 “과학적 설명은 ... 비판에 열려있어야 하고 권위에 근거해서는” 안되기 때문이다.²⁵⁾ 이러한 주장은 한마디로 과학교육에 논쟁을 도입하자는 것인데 과학자사회의 합의된 지식을 전달하는 것을 목적으로 하던 지금까지의 과학교육방식에 일대변혁을 요구하는 것으로서 대체안의 통과로 촉발된 향후

23) *Ibid.*, p. 87.

24) *Ibid.*, p. 6.

25) *Ibid.*, pp. 8-9.

논쟁에서 중요한 쟁점이 된다. (학생들이 논쟁을 다룰만한 능력이 있을지 오히려 혼란만 가중하는 것은 아닐지, 결과적으로 꼭 익혀야할 핵심적 과학지식 조차도 논쟁의 와중에서 흐려지는 것은 아닌지 등)

끝으로 대체안이 교육위원회를 통과했다는 사실이 캔자스주의 교육현장에서 구체적으로 어떠한 의미를 지니고 있는지를 살펴보아야 한다. 진화론과 빅뱅이론 등에 관한 부분이 교육표준에서 삭제되었다는 것은 일부 언론의 보도와 같이 일선 학교에서 이에 대한 교육이 금지된 것을 의미하는가? 물론 그렇지 않다. 표준안은 도입부에서 이 표준이 “주 교과과정으로 간주되어서는 안되며 일선 학교에 특정한 교과과정을 요구하는 것으로 받아들여져도 안된다”고 말하며 강제성이 없음을 분명히 밝히고 있다. 즉 교육표준의 목적은 캔자스의 과학교육자들이 각 지역에 맞는 교과과정을 선택하고 개발하고 학생들을 평가하는데 “도움”을 주는 것이며 캔자스주의 과학평가시험 개발을 위한 “기초”로 삼을 수 있는 것이라고 명시하고있다.²⁶⁾ 달리 말해 진화론을 포함한 구체적 교과과정에 대한 결정은 각 지역의 선택에 맡겨진 것이다. 다만 주 정부가 실시하는 주 전체의 과학평가시험의 기초가 되기 때문에 표준에서 다루어지지 않은 사항은 시험에 출제될 가능성은 희박해 졌다. 각 지역의 판단에 따라 진화론을 얼마든지 교과과정에 포함시킬 수도 있지만 주의 평가시험에는 제외될 것이란 의미이다. 이는 진화론을 배우지 않아도 주 시험에서 불이익을 받을 가능성이 희박해 짐에 따라 진화론 교육은 지역의 자율적 결정에 따른 선택교육사항이 된 것이다. 물론 반대자들의 우려와 같이 주 평가시험에 출제되지 않기 때문에 경쟁적인 교육환경에서 구태여 진화론 교육의 필요성을 느끼지 못해 결과적으로는 진화론교육이 위축될 가능성도 있을 것이다. 혹은 진화론이 평가시험에 포함되는 다른 주의 대학에 진학하기를 원하는 학생들은 불이익을 받을 가능성도 있을 것이다. 어쨌든 이는 진화론 교육금지와는 거리가 먼 결정이었다.

4. 논쟁의 전국적 확산

캔자스 교육위원회의 결정은 즉각 전국적인 반향을 불러일으켰다. 뉴욕타임즈는 “진화에 대한 무지”란 사설에서 진화론은 “현대생물학을 조직하는 근본원리”로서 “모든 과학이론들

26) Ibid., p. 4.

중 가장 확고하게 확립된 이론의 하나”라고 천명하며 캔자스의 결정은 “깊은 우려를 자아내는 것이라고 반응했다.²⁷⁾ 뉴욕 타임즈는 논쟁의 형평성을 의식한 듯 사실 바로 다음 페이지에 지적설계운동의 대표적 과학자인 마이클 베히(Michael Behe)의 기고문을 실었다.

과거 반진화론자들의 전투적인 레토릭과는 달리 베히의 접근은 신중했다. 논쟁을 선과 악으로 단순화시켜 상대를 악마 같은 존재로 만들고 싶어하는 달콤한 유혹에서 벗어나 이 문제에 얽힌 “복잡한 역사적, 과학적, 철학적 이슈”들에 관심을 가질 것을 베히는 촉구했다. 나아가 자녀들을 교양 있는 시민으로 키우기 원한다면 폭넓은 논의를 가르쳐야하며 진화론에 대한 논의도 그 폭을 제한해서는 안 된다고 주장한다. 따라서 베히는 진화론 논의를 위축시킨 캔자스결정에 “유감”을 표시하며 진화론을 적극적으로 가르칠 것을 주장했다. 진화론에 대한 대표적 비판세력으로 알려진 지적설계론자의 입에서 이 같은 발언이 나온 것은 의외일지 모르나 이에 는 가시가 숨어있었다. 진화론을 가르치되 이를 지지하는 증거와 논거뿐만 아니라 이에 대한 비판적인 논의도 “제한 없이” 가르치자는 것이다. “다윈의 멋진 이론을 가르치라” 그러나 동시에 진화론을 지지하는 데이타가 가진 한계, 데이타 해석상의 문제, 진화론자들의 논리적 비약, 나아가서는 진화론에 대한 대안 심지어는 “이단적인” 이론들도 생물학 시간의 논의에 포함시키도록 요구한 것이다.²⁸⁾

베히의 기고문이 나간 3일 후 이번에는 지적설계운동의 대부로 일컫는 UC 버클리의 법학 교수 필립 존슨(Philip Johnson)이 월 스트리트 저널에 기고했다. “다윈의 사원”이란 제목의 이 글은 지적설계론자들의 세련된 레토릭을 보여주는 대표적 경우로 꼽을 수 있다. 존슨은 이 즈음 미국을 방문한 한 중국 고생물학자에 대한 인용으로 시작한다. 이 과학자는 중국에서 최근 발견된 화석들이 다윈 진화론과 잘 부합되지 않는다고 주장했는데 발표장의 미국 과학자들이 흥분해서 반론을 제기한데 대해 다음과 같이 일침을 가했다. “중국에서는 다윈을 비판할 수는 있지만 정부를 비판할 수는 없다. 미국에서는 정부는 마음대로 비판하지만 다윈은 비판하지 못하는 것 같다.” 이러한 태도가 캔자스 결정에 대한 언론의 과도한 반응에서도 그대로 드러난다고 존슨은 지적한다. 과학의 미래가 위기에 처하기라도 한 것 같이 호들갑을 떨고 일부 시민단체는 소송을 준비하는 등 부산을 떠는 것은 미국의 엘리트 지성들이 캔자스논쟁을 자신들의 입지와 관련해 대단히 심각한 무언가에 대한 위협으로 간주하는 징표라고 주장하며 존슨은 비판의 포문을 열었다.

존슨은 심각한 그 무엇이 바로 “과학적 자연주의”라고 지목한다. 과학적 자연주의는 자

27) Editorial, “Willful Ignorance of Evolution”, *New York Times* (August 13, 1999), p. A20.

28) Michael Behe, “Teach Evolution and Ask Hard Questions”, *New York Times* (August 13, 1999), p. A21.

연만이 “이 세상에 존재하는 모든 것”이며 자연은 스스로를 형성해나가고 이 과정에 하나님이 개입할 여지가 없음을 주장하는 철학으로 규정한다. 진화론이 문제시되는 이유는 진화론이 바로 이러한 자연주의를 지탱하는 “과학적 기둥”이기 때문이며 널리 알려진 다윈주의자 대부분이 과학적 자연주의를 공개적으로 표방한다고 지적한다. 예를 들어 작고한 저명한 천문학자 칼 세이건(Carl Sagan)은 인간을 포함한 모든 생물 종들은 “맹목적인 물리·화학적 힘에 의해 진흙탕으로부터 영겁의 세월을 거쳐 탄생”했다고 확인했으며 영국의 대표적 진화론자인 리처드 도킨스(Richard Dawkins)는 다윈은 “지적으로 충직한 무신론자가 되는 것을 가능하게 한 사람이다”고 대답하게 고백했다. 맑시스트 생물학자로 잘 알려진 하바드의 리처드 르윈틴(Richard Lewontin)은 증거가 어떠한 방향을 가리키던 이에 불문하고 과학적 해석은 반드시 철학적 유물론에 기초해야 하는데 왜냐하면 “초월적 존재를 과학의 영역에 들여놓을 수는 없기 때문이다”고 주장하며 과학지식의 유물론적 기초를 역설했다. 존슨이 볼 때 이러한 주장들은 모두 과학의 본령을 벗어난 이념적 언명들이었다 이는 “특정 세계관”을 “과학적 사실”로 신성화하는 이념적 흐름이었으며 캔자스의 결정은 이러한 흐름에 대한 “항거”로 해석했다. 진화를 이러한 “세계관의 전도사”들로부터 분리하여 순수한 과학적 탐구의 대상으로 되돌릴 때 진화론을 둘러싼 “고질적 사회갈등”은 오히려 “가슴 설레는 지적 탐험”으로 바뀌게 될 것이라고 존슨은 결론짓는다.²⁹⁾

뉴욕 타임즈, 월 스트리트 저널에 이어 워싱턴 포스트에도 지적 설계론자의 글이 실렸다. 지적설계운동의 싱크탱크로 알려진 시애틀 소재 “과학과 문화 갭신 연구소”의 제이 리처드(Jay Richards)는 한 걸음 더 나아가 베히와 존슨의 글을 배경으로 지적설계론에 대한 소개를 시도했다. 리처드는 다윈 진화개념의 핵심을 “모든 생명체는 우연하게 발생한 유전적 변이에 자연선택이 작용해서 공통조상으로부터 진화해 왔으며 이 과정에는 목적이나 설계가 전혀 개입되어 있지 않다”로 요약하며 생명체의 기원에 있어 “목적과 설계”를 원천적으로 부정하는 이러한 다윈주의는 필연적으로 “이념적”일 수밖에 없다고 주장한다. 다윈 이전 생명체의 기원을 설명하는 지배적 답변은 설계논증이었으며 이후 등장한 다윈의 자연선택이론에 의해 대체되었다는 것은 잘 알려진 사실이다. 역사의 뒤편길로 사라졌던 설계논증이 최근 여러 학자들에 의해 부활하고 있으며 이들은 생명현상을 포함한 우주가 지적으로 설계되었다는 과학적 증거를 포착하고 있다고 리처드는 소개하며 이에 대한 논의를 다윈진화론과 함께 다루어 줄 것을 요구했다. 리처드는 베히와 마찬가지로 다윈 진화론

29) Philip Johnson, “The Church of Darwin”, *Wall Street Journal* (August 16, 1999).

은 생물학계의 지배적인 견해이므로 진화론교육을 위축시키는 캔자스 결정은 해결책이 못 된다고 본다. 그렇다고 진화론만 배타적으로 가르쳐서도 안 된다고 강조하며 “공정성과 객관성”을 위해서는 이에 대한 “라이벌” 이론도 반드시 논의에 포함시켜야 한다고 주장한다. 한마디로 기원 문제를 둘러싼 다양한 “논쟁”들을 가르침으로 학생 스스로가 이론들을 평가할 수 있도록 해야 한다고 결론짓는다.³⁰⁾

타임지 역시 침묵하지 않았다. 타임지는 최근 작고한 미국의 대표적 진화 생물학자인 하바드의 스티븐 제이 굴드(Stephen Jay Gould)의 글을 실었다. 굴드는 캔자스 사건을 진화론에 대한 기독교 근본주의자들의 뿌리깊은 투쟁의 연장선상에서 파악하며 과학과 종교의 본령을 뒤섞는 이러한 결정은 과학자들은 물론 대부분의 신학자들도 “우울하게” 만드는 “비뚤어진” 시도로 규정했다.

진화를 포함한 어떠한 과학이론도 종교에 위협이 되지 않으며 양자는 완전히 분리된 영역에서 작동한다. 과학과 종교는 인간이 세상을 이해하는 위대한 두 가지 도구이며 상충하지 않고 상보적인 방식으로 작동한다. 과학은 자연세계의 사실적 상태에 대한 탐구인 반면 종교는 영적 의미와 도덕적 가치를 추구한다.³¹⁾

과학과 종교는 모두 인간 생활에 본질적인 부분이며 서로 다른 방식으로 각자의 영역에서 주인임으로 양자는 “동등하며 상호 존중하는 파트너”관계를 유지해야한다고 역설한다. 따라서 “모든 생명과학을 하나로 묶는 중심이론”이며 “인간이 이루어낸 가장 위대한 발견의 하나”인 진화론을 억압하는 캔자스의 결정이야말로 이러한 암묵적인 상호불가침관계를 침해하는 심각한 사건으로 규정하고 이로부터 돌아설 것을 굴드는 강력히 촉구했다.

과학과 종교간의 관계에 대한 이러한 교통정리는 굴드가 소위 NOMA원리(Non-overlapping Magistrata) 칭한 상호 배제의 원리로 이미 잘 알려져 있다. 문제는 기독교 근본주의자들이 과학의 영역을 침범할 뿐만 아니라 앞서 세이건, 도킨스의 경우에서 보았듯 자연주의적 과학자들 역시 종교의 영역을 침범한다는 것이다. 굴드의 제안에 따라 이들 모두가 각자의 본령을 지킨다고 하더라도 문제가 모두 해결되는 것은 아니다. 가장 큰 문제는 종교를 영적 의미와 도덕적 가치의 영역에만 묶어 두는 것이 불가능하다는 데 있다. 예를 들어 기독교의 핵심원리인 창조의 경우 신이 영적인 세계뿐만 아니라 물질적인 자연세계 역시 창조하였으며 따라서 어떤 형식으로든 신과 자연간의 관계가 불가피하다는 것이다. 또한 과학을 사실의 영역에, 종교는 영적인 세계에 영토구분을 해야 한다는 주장에 대해 존슨은 결

30) Jay Richards, “Darwinism and Design”, *The Washington Post* (August 21, 1999).

31) Stephen Jay Gould, “Dorothy, It’s Really Oz”, *Time* (August 23, 1999), p. 59.

국 실재(reality)에 대한 객관적 정의는 과학이 독식하며 종교는 실재에 관한 한 침묵할 수밖에 없는 주관적 “환상”에 지나지 않는다는 것을 의미하는 것 아니냐고 반문한다.³²⁾

타임지의 보수적 칼럼니스트 찰스 크라우샘머(Charles Krauthammer)는 캔자스 사태에 대한 보다 근본적인 원인을 전통적 기독교 가치에 대한 현 미국사회의 경직된 태도에서 찾고 있다. 1960년대 이후 미국사회는 다문화주의로 변화되기 시작했다. 공교육의 중요한 부분을 차지했던 기독교적 가치가 헌법의 국가와 종교 분리조항에 의해 잘려 나가기 시작했으며 이에 대한 기독교인의 저항이 자연스럽게 일어났다. 예를 들어 기도와 십계명 등 기독교적 요소들이 하나하나 공교육으로부터 축출되며 미국사회의 전통적 가치를 공교육에 연결시키려는 시도들이 모두 차단된 것이다. 이러한 상황에서 기독교적 가치를 우회적으로 도입할 뒷문으로 고안된 것이 창조론이라고 해석한다. 즉 기독교의 핵심 교리인 창조가 과학의 옷을 빌어 입고 생물학이라는 뒷문을 통해 몰래 숨어들어 가려 했다는 것이다.³³⁾

그러나 창조론에 대한 크라우샘머의 태도는 단호하다. 진화에 대한 과학적 대안으로 제시된 창조론은 과학으로 위장한 신앙이지 과학은 아니라고 잘라 말한다. 따라서 과학으로서의 창조론은 공립학교 과학 교과과정에 발을 들여놓아서는 안 된다고 본다. 그럼에도 불구하고 창조과학이라는 편법을 동원해가면서까지 기독교적 가치를 공교육에 도입하려는 왜곡된 시도가 나오게 된 데는 나름의 이유가 있다고 본다. 지나치게 세속화된 미국사회의 불관용으로 인해 한계상황으로 내몰리게 된 데 대한 반동이라는 것이다. 뒤집어 말해 성경이 담고있는 도덕적 가치체계를 교육하는데 미국사회가 조금이라도 더 관용했다면 성경이야기를 과학으로까지 제시할 필요는 덜 느끼게 되었을 것이라고 분석한다. 진화론을 세속적 세계관의 대표적 상징으로 보고 이에 대한 교육을 위축시키려는 캔자스의 결정 역시 이러한 맥락에서 해석하고 있다. 전통적 가치를 도입하려는 시도들이 난항에 부딪히게 되며 수세에 몰리게 되자 이에 대한 반동으로 공세적으로 둔 무리수가 캔자스의 결정이란 것이다. 결론적으로 캔자스 사건은 미국사회내의 이질적인 가치체계들간의 밀고 당기는 역학관계의 결과이며 이 사건은 이러한 역학관계를 나타내는 중요한 “문화적 지표”로 읽을 필요가 있다고 제시한다.³⁴⁾

32) Philip Johnson, “The Church of Darwin”.

33) 크라우샘머는 생물학 시간을 통해 가치체계를 도입하는 이러한 교활한 술책은 세속주의자들이 먼저 사용한 것임을 지적하는데 예를 들어 성교육시간을 통해 소개되는 콘돔 착용법은 단순히 생식과정에 대한 강의 이상의 것이며 프리섹스를 주장하는 세속주의자들의 도덕적 가치를 전달하는 강력한 수단이었다는 것이다.

34) Charles Krauthammer, “The Real Message of Creationism”, *Time* (November 22, 1999), p. 120.

이외에도 미국의 여러 대표적인 시사저널들에서 캔자스 결정을 둘러싼 문제를 폭 넓게 다루며 논쟁은 뜨겁게 달아올랐다.³⁵⁾ 20세기 미국 진화론 논쟁사를 얼룩 지은 감정적 대결과 원색적 조롱은 이번 논쟁에서도 쉽게 찾아 볼 수 있다. 많은 언론보도에서 캔자스 사건을 1920년대 스코프스논쟁의 재연으로 보고 그 당시 반진화론자에게 가해졌던 것과 같은 조롱과 비판이 줄을 이었다. 유에스 뉴스 앤드 월드 리포트는 캔자스 사건을 스코프스 논쟁으로 시작한 해묵은 진화론 전쟁의 가장 최근 격돌지로 소개하며 당시 사진을 함께 싣고, 한 정치가의 말을 인용해 이를 “비극적인” 사건으로 보도했다.³⁶⁾ 워싱턴 포스트의 한 칼럼은 하나님은 캔자스 교육위원회에 보낸 메모형식을 빌어 캔자스의 결정을 생각이 모자란 바보들의 짓거리로 신랄하게 비꼬았다.

너희들(캔자스 교육위원들) 그동안 수고 많이 해서 고마운데 이제 돌아가서 자식들을 많이 낳고 번성해라. 그러면 그 애들이 애들을 낳고 또 그 애들이 애들을 낳고 후손들이 셀 수 없이 많이 생겨날 것이다. 이렇게 해서 시간이 지나면 너희들을 그토록 멍청이로 만든 바보유전자도 자연선택을 통해 사라질 거다. 자연선택은 이렇게 작동하는 거다.³⁷⁾

이에 대한 반응 역시 절묘했는데 마이클 베히는 “만일 루시[320만년 전으로 추산되는 인류의 조상] 이후 그 오랜 세월을 거치는 동안 멍청이 유전자가 아직도 제거되지 않았다면 도대체 무슨 이유로 자연선택이 그것을 제거할 수 있다고 믿는지” 반문하며 이 칼럼니스트에게 정신 차리고 자신이 무슨 말을 하고 있는지 다시 한번 생각해 보기를 권했다.³⁸⁾

이 논쟁은 캔자스대학 총장의 선전포고로 정점에 달했다. 로버트 헤먼웨이는 캔자스 결정이 내려진 약 두 달 후 대학사회에서 가장 영향력 있는 교수신문인 『고등교육신문』에 기고한 글에서 전국의 학자들에게 “과학교육을 위한 성전(聖戰)”에 동참할 것을 촉구했다. 고등교육기관들이 모두 “진리 탐구”를 사명으로 삼는데 반해 캔자스 교육위원회의 대다수 위원들은 진리의 유일한 원천을 “교회와 가정”에서 찾는 것으로 보인다고 지적하며 이들은 과학과 종교적 믿음이 상충될 때 증거가 아무리 확실할지라도 과학을 거부할 사람들이라

35) *National Review, The Nation, The New Republic, The American Spectator, The American Enterprise, America*.

36) David L. Marcus, “Charles Darwin Gets Thrown out of School: A Kansas Ban on the Mention of Evolution”, *U.S. News & World Report* (August 30 1999), p. 32.

37) Gene Weingarten, “And So God Says to Charles Darwin: Let There Be Light in Kansas”, *Washington Post* (Aug. 17, 1999).

38) Michael Behe, “Darwin’s Hostages: A Decision in Kansas to Question Evolution Dogma Has Given Rise to Hysteria and Intolerance”, *The American Spectator* (December 1999), p. 35.

고 강하게 비판했다. 이들이 내린 캔자스 결정은 만천하의 조롱거리가 되었으며 “캔자스 사람들의 자존심을 심각하게 훼손”했을 뿐만 아니라 이러한 사태가 곧 다른 주들에서도 틀림없이 뒤따를 것이라고 경고했다. 따라서 전국의 대학들이 과학을 훼손하는 이러한 세력을 상대로 “장기적으로 치열한 전쟁에 나서야한다”고 헤먼웨이는 목소리를 높였다.³⁹⁾

헤먼웨이의 선전포고에 대해 필립 존슨은 고등교육신문 다음 호에서 “평화”를 제안한다.

나는 전쟁이 아닌 평화를 제안한다. 그러나 선택은 과학, 교육 지도층의 판단에 달렸다. 만일 이들이 전쟁을 결심한다면 싸워야할 적들이 도처에 깔려있음을 알게 될 것이다. 또한 이 적들은 예상과 달리 훨씬 까다로운 상대임도 곧 깨닫게 될 것이다.⁴⁰⁾

존슨은 캔자스 결정에 대한 헤먼웨이의 우려가 과장된 것이며 이는 왜곡된 사태인식에서 비롯되었다고 일침을 가한 뒤 과학교육을 담당하는 사람들이 종교인들로부터 신뢰를 얻기 원한다면 먼저 이들이 진정 우려하는 바가 무엇인지를 심각하게 고려해야할 것이라고 조언한다. 과학으로서의 진화와 철학적 유물론으로서의 진화가 구분 없이 교육과정에 유입되는 데 대해 종교인들이 우려하는 것은 충분히 이유 있는 항변이며 따라서 과학으로서의 진화만 가르치되 이를 일방적으로 지지하는 논거들뿐만 아니라 이해결의 과제, 대답되지 않은 문제들도 투명하게 가르칠 것을 요구했다.

문제는 과학으로서의 진화와 철학적 이념으로서의 진화에 대한 서로의 시각차이가 좁히기 힘들 정도로 크다는 점이다. 존슨을 비롯한 비판적 목소리들은 관찰 가능한 생물 종 내의 변화인 소진화는 인정하되 대진화는 과학외적 이념이 동반된 이론이며 따라서 이와 관련된 비판적 논거들도 함께 가르칠 것을 요구했다. 반면 미국과학한림원 등의 주류 과학계는 대진화는 직접적인 관찰이 불가능한 과거의 사건을 포함하는 이론이지만 이는 지질학, 우주론과 마찬가지로 확립된 과학이론임을 강조한다. 이 같은 시각차이는 오래 전부터 갈등을 빚어왔는데 미국 최대의 생물학 교사 단체인 생물교사협회(National Association of Biology Teachers)가 1995년 발표한 “진화론 교육에 대한 성명서”를 한 예로 들 수 있다. 성명서는 진화를 “통제 받지 않고 비인격적이며 예측 불가능한 자연적 과정(unsupervised, impersonal, unpredictable and natural process)”이라고 정의했는데 앞의 두 수식어가 문제

39) Robert E. Hemenway, “The Evolution of a Controversy in Kansas Shows Why Scientists Must Defend the Search for Truth”, *Chronicle of Higher Education* (October 29, 1999).

40) Philip E. Johnson, “The Religious Implications of Teaching Evolution”, *The Chronicle of Higher Education* (Nov. 12, 1999), p. B9.

를 일으켰다. 미국에서 손꼽히는 종교철학자의 한 사람인 앨빈 플랜팅거(Alvin Plantinga)와 종교학자 휴스턴 스미스(Huston Smith)는 “통제 받지 않고 비인격적인” 과정은 그 자체에 이미 신학적 전제가 포함된 비과학적 언명임을 날카롭게 분석하고 이의 삭제를 요구했는데 생물교사협회는 결국 이들의 논리적 비판에 밀려 두 단어를 삭제하고 만다. 사실 다윈 진화론의 역사적 형성과정에 대한 연구들이나 다윈 진화론을 둘러싼 다양한 논쟁에 대한 분석들은 다윈 진화론이 가진 철학적, 이념적 차원들을 밝혀왔다.⁴¹⁾ 따라서 진화론의 이념적 차원을 둘러싼 논쟁은 쉽게 가라앉을 수 있는 문제가 아니었으며 이는 캔자스 결정을 둘러싼 논쟁에서도 핵심쟁점으로 작동했던 것이다.

5. 다시 캔자스로: 지적설계론 도입을 둘러싼 프랫트의 논쟁

이상에서 살펴본 바와 같이 젊은지구창조론자에 의해 시작된 캔자스의 과학교과서표준 논란은 전국적인 논쟁으로 화하며 지적설계론자들이 주도하게 되었다. 그 과정에서 논쟁의 초점은 지적설계론으로 자연스럽게 이동했는데 논쟁의 불길이 타오른 곳은 캔자스의 시골 소도시 프랫트였다. 프랫트(Pratt)는 인구 7000 정도의 소도시인데 지적설계론 도입을 둘러싸고 지역교육위원회에서 시작된 이 논쟁은 급기야 지역 신문을 통해 폭발적으로 전개되었다.

1999년 8월 중순 캔자스주 교육위원회의 결정이후 진화론에 대한 비판적이고 대안적인 논의의 가능성이 열림에 따라 어느 지역에서 먼저 그러한 가능성을 현실화할 지에 관심이 모아졌다. 프랫트에서 먼저 움직임이 감지되었는데 크리스 맴모리티(Chris Mammoliti)라고 하는 한 생물학자가 프랫트 공립고등학교생물교과서의 부교재로 『판다와 사람들』(Of Pandas and People)을 도입하려 했던 것이다.⁴²⁾ 맴모리티는 프랫트에 소재하던 캔자스주 야생 국립공원 본부에서 일하던 생물학자였는데 생물교과과정의 개정을 위해 학부모와 교

41) 진화론의 종교적 함의에 대한 가장 최근의 논의로는 Michael Ruse의 *The Evolution Wars* (ABC-Clío: California, 2000)를 보라. 특히 10장 “과학과 종교” 중 “Darwinian Atheism”과 “Darwinian Religion” 섹션을 보라. 마이클 루스는 1981년 아칸소 창조론 법정 논쟁에 전문가 증인으로 참여해서 창조과학의 비과학성을 과학철학자의 입장에서 증언하여 주목을 끈 사람이다. 루스는 당시 논리 실증주의 입장에 입각하여 진화론이 종교적 이념으로부터 자유로운 가치중립적 과학이론이라고 주장했는데 90년대 이후 자신의 입장을 번복하여 또 한번 파란을 일으켰다. 이 책은 이러한 변화가 반영된 최근의 입장을 잘 보여준다.

42) Mike Marzolf, “USD 382 board asked to teach more than evolution”, *Pratt Tribune* (July 27, 1999).

사로 구성된 모임을 이끌고 있었다. 『판다와 사람들』은 지적설계론자들이 1989년 고등학교 생물학 보조교재로 개발한 것으로써 맴모리티 등이 캔자스의 최근 분위기에 편승해 도입을 시도했던 것이다.

한편 맴모리티의 이러한 시도와 아울러 프랫트 교육위원회의 자체적인 과학교과표준에 대한 개정작업도 비슷한 시기에 진행되었는데 캔자스주의 새로운 과학교과표준을 참조하여 이듬해 5월을 목표로 개정작업에 들어갔던 것이다.⁴³⁾ 주교과표준이 지역교과표준 개정에 구체적으로 어떤 영향을 미칠지 확실치 않은 가운데 다양한 의견들이 쏟아졌다. 진보적 성향의 감독교회의 한 목사는 주교육위원회의 결정에 대해 비웃음을 금치 못하며 “하나님이 세상을 7일 만에 창조하셨기 때문에 생물학을 모두 가르치는 데는 3 주면 충분할 것이다. 학기 나머지 시간은 주교육위원회에 감사하는 기도를 드리며 조용히 지내면 될 것이다”고 말했다. 또한 그는 창조는 구원 없이는 아무런 의미가 없다고 강조하며 “심지어 우리가 진화했을지라도 하나님의 구원을 통해 우리는 구원받는다”고 주장했다.⁴⁴⁾ 이러한 진보적 발언에 대해 침례교회의 다른 목사는 “감히 하나님의 말씀에 반(反)하는 이론을 가르치는 목사는 누구를 막론하고 지옥이 기다린다”고 경고했다.⁴⁵⁾ 지역교육은 지역사회가 결정한다는 자율성을 강조한 한 시민은 새로이 준비하는 교육표준은 과학한림원과 같은 국가기관이 교육을 지배하려는 시도에 대한 저항으로 환영하며 지역교육위원회의 민주적 자율권에 위협이 되는 모든 움직임들에 반대할 것을 호소했다.⁴⁶⁾

진화론 교육을 둘러싸고 온 마을이 들끓는 가운데 지적설계론이 적극적으로 소개되기 시작했다. 1999년 11월 초 캔자스의 수도 토페카 소재 워시번 대학에서 “창조, 진화, 그리고 헌법”이라는 주제로 과학, 철학, 법률 전문가들을 초빙해 집중토론을 벌였다. 이 때 대표급 지적설계론자들이 대거 참여하였고 이를 기화로 11월 중순부터 프랫트의 유일한 지역신문인 『프랫트 트리뷴』에 3회에 걸쳐 지적설계론을 소개하는 글이 실렸다.⁴⁷⁾ 지적설계론에 대한 논쟁이 불붙기 시작한 것은 이듬해 5월 말 앞서 예고한 대로 과학교육표준이 프랫트 교육위원회에 제출되면서이다. 6명으로 구성된 교육위원회는 4-2로 개정표준안을

43) Greg Brown, “Evolution debate continues to rage”, *Pratt Tribune* (August 25, 1999).

44) Rev. Larry A. Carver, “Evolving thoughts”, *Pratt Tribune* (August 27, 1999).

45) Rev. Scott Buller, “Vicar’s view not the only view of denominations”, *Pratt Tribune* (September 3, 1999).

46) Mary Williams, “Democracy brings new standards”, *Pratt Tribune* (September 3, 1999).

47) Chris Mammoliti and Ernie Richardson, “Evolution not equal to complex systems”, *Pratt Tribune* (November 17, 1999); “Life diverse and complex”, *Pratt Tribune* (November 24, 1999); “Religion not a factor in design theory”, *Pratt Tribune* (December 1, 1999).

부결시켜 실무위원회에 되돌려 보냈다. 개정안의 기원문제를 다룬 부분을 지적하며 한 위원은 “다른 이론들이나 논쟁에 대한 언급이 전혀 없다. 빅뱅이론만이 유일하게 다루어지고 있을 뿐이다. 최소한 지적설계나 아니면 다른 과학적으로 증명된 이론이 포함되기를 원한다”고 노골적으로 불만을 드러내었다. 2주 후 이 개정안은 원안에 몇 가지 조건을 첨부하는 형태로 통과되었다. 요구사항의 핵심은 교육감이나 그 대리인이 “진화론을 지지할 뿐만 아니라 비판하는 분석을 가능하게 하는 교수방법을 담은” 생물학 표준 개정안을 준비하는 것이었다.⁴⁸⁾ 이 결정이 알려지자 반대의 목소리가 쏟아져 나왔다. 프랫 트리뷴은 강한 어조의 반대사설을 실었다. 개정안을 통과시킨 4명의 위원들을 “과학 교육의 어두운 구석을 신앙의 불빛으로 비추는 지적설계론의 전도사”로 비꼬며 이들의 “뒤죽박죽 혼란스러운” 결정은 결국 과학교사들로 하여금 진화론의 “사이비성을 폭로하는 데” 시간을 할애하라는 데 다름 아니라고 비판했다.⁴⁹⁾

가장 조직적인 비판은 존 필립스라고 하는 한 생물학자로부터 나왔다. 그는 위원회가 지적설계를 “과학적으로 증명된 이론”으로 취급한 데 대해 “이는 진실과는 너무도 거리가 먼” 발언이라고 정면으로 반박했다. 지적설계가 검증되기 위해서는 검증 가능한 형태의 이론으로 제시되어야하며 또한 이를 지지하는 증거들이 뒤따라야하나 지금까지 어느 하나도 볼 수 없었다고 지적하며 이러한 “검증불가능성”으로 인해 지적설계는 과학이 될 수 없다고 주장했다.⁵⁰⁾ 심지어 브라운대학의 생물학자 케네스 밀러는 지적설계를 “과학이론을 사칭하는 사기”라고 규정했다.⁵¹⁾

지적설계의 과학성 문제와 함께 논란이 되었던 쟁점은 누가 과학교육의 내용을 결정할 것인가였다. 양질의 과학이 교과과정에 포함되어야할 터인데 과학의 질이 “과학자 사회의 심사과정이 아닌 대중의 투표”로 결정될 수 있다는 점에 대해 생물학자 필립스는 극심한 반감을 보였다.⁵²⁾ 교과과정을 전문가들의 손에만 맡겨둘 수 없다는 측은 이를 “불온한 엘리트적 태도”라고 쏘아붙이며 전문가들만이 다윈이론의 핵심을 이해할 수 있고 학부모와 같은 비전문가들은 공립학교에서 무엇을 가르쳐야 할 것인가에 대해 침묵해야한다면 일반

48) Mike Marzolf, “USD 382 approves science curriculum - with exceptions”, *Pratt Tribune* (June 13, 2000).

49) Conrad Easterday, “Editorials: Pratt board votes on faith”, *Pratt Tribune* (June 14, 2000).

50) John Phillips, “Letter to the editor: Board members' statements inaccurate”, *Pratt Tribune* (June 14, 2000).

51) James Graham, “Letter: Fossil record not kind to evolution”, *Pratt Tribune* (July 12, 2000).

52) John Phillips, “Letter: Debate theories on their merits”, *Pratt Tribune* (July 12, 2000).

성인들의 이해범위를 넘어서는 이론을 청소년들에게 왜 가르치려고 하는지 반문했다. 결론적으로 다윈진화론의 핵심은 “그렇게 복잡하지” 않으며 전문과학자가 아니더라도 근본적인 문제점을 이해할 수 있다고 주장했다.⁵³⁾ 또 다른 시민은 이를 “궤변”으로 몰아 부치며 “도대체 어느 학부모가 자식교육을 전문가 아닌 아마추어에게 맡기기를 원하겠는가”고 반문한다.⁵⁴⁾ 이러한 공방은 과학기술이 윤리적, 종교적 함의를 띠고 사회문제화 될 때 발생하는 전문가와 대중간의 갈등의 전형적인 예로 볼 수 있을 것이다. 이는 과학기술이 대중의 세계에 대한 인식과 일상생활에 깊이 파고들면서 발생하는 현대사회의 한 특징적 측면인 것이다.

지적설계론의 과학성에 대한 비판에 맞서 맴모리티도 반격에 나섰다. 진화론 역시 종교적이라는 것이다. 그는 이해 여름 캐나다의 한 신문에 실렸던 저명한 생물철학자 마이클 루스의 “어떻게 진화론이 종교가 되었는가?”를 인용하면서 포문을 열었다.

진화론은 이를 따르는 사람들에 의해 단순한 과학 이상의 것으로 변했다. 진화는 하나의 이념이며 세속적 종교 즉 의미와 윤리를 다루며 기독교에 대한 완결된 대안으로 유포되고 있다. 나는 열렬한 진화론자이며 한 때는 기독교인이기도 했다. 그렇지만 근본주의자들의 이 지적 만큼은 ... 받아들인다. 진화론은 종교이다.

맴모리티는 이어 미국의 가장 저명한 과학단체인 과학한림원의 생물학자들 중 95%가 무신론자이거나 불가지론자라는 최근 조사를 소개하며 “만일 유신론과 잘 조화되는 철학을 품고있다고 해서 지적설계론을 제거한다면 무신론과 잘 들어맞는 철학을 깔고 있다는 이유로 다윈의 진화론도 제거해야하지 않을까”고 반문한다.⁵⁵⁾ 비판자들은 루스를 인용한 부분에 대해 문맥을 떠난 심각한 왜곡이라고 비판하며 다음과 같은 루스의 결론부분을 강조했다.

진화론을 비판한 사람들이 이러한 점(진화가 종교인 점)을 지적한 것에 대해 우리 모두는 감사해야한다. 창조론자들은 그들의 창조론에 있어서는 틀렸지만 최소한 그들의 비판 중 하나에서는 옳았다. 다윈주의 진화론은 경탄할 만한 과학이다. 우리의 아이들에게 이 것을 가르치자. 그리고 교실에서는 이 과학만 가르치자. ‘진화론자들이 주장하는’ 진화론의 도덕적 메시지와 그 저변에 깔린 이념도 가치 있는 것일지

53) Ernest H. Richardson, “Letter: Experts shouldn’t decide curriculum”, *Pratt Tribune* (August 2, 2000).

54) Matt Grogger, “Letter: ID’s answer to every question too simplistic”, *Pratt Tribune* (August 9, 2000).

55) Chris Mammoliti, “Guest commentary: Evolution a theory and a religion”, *Pratt Tribune* (August 24, 2000). 마이클 루스의 원문은 Michael Ruse, “How evolution became a religion”, *National Post* (May 13, 2000)에서 볼 수 있다.

모른다. 이것도 가르치고 싶다면 이는 학교 밖에서 가르칠 수 있을 것이다.⁵⁶⁾

맴모리티는 이 결론부가 오히려 “다윈주의 철학은 과학수업에 설 자리가 없다”는 자신의 주장과 동일한 주장을 하고 있음을 극명하게 보여준다고 지적하며 유일한 차이가 있다면 루스가 “한때는 기독교인이기도 했던 열렬한 진화론자”로서 이를 주장했던 반면 자신은 “한때는 진화론자이기도 했던 열렬한 기독교인”으로서 말했다는 점이라고 응수했다.⁵⁷⁾

자신의 글을 둘러싸고 이렇게 공방이 오가자 당사자인 마이클 루스도 멀리 캐나다에서 특별 기고문을 보냈다. 루스의 주장의 핵심은 종교로서의 진화와 과학으로서의 진화는 구분가능하며 과학수업에는 후자만 가르치자는 것이다. 자신이 볼 때 창조론이나 지적설계는 과학이 아니라고 분명히 밝히며 이를 학교에 도입하기 위해 자신의 주장을 끌어다 쓴다면 이는 자신의 의도를 호도하는 것이라고 밝혔다.⁵⁸⁾ 그러나 문제는 과연 어느 부분에서 과학이 끝나고 종교로서의 진화가 시작되는지 그 경계에 대한 서로의 시각이 일치하지 않는다는 점이다. 루스에게 있어 대진화는 과학이지만 지적설계론자에게 이는 자연주의적 철학의 연장으로 해석된다. 심지어는 루스가 이념 혹은 종교적 진화의 대표적인 예로 인용한 저명한 사회생물학자 윌슨 역시 사회생물학의 많은 부분이 과학이 아닌 이념의 영역에 속한다는 루스의 판단에 동의하지 않을 것이다.⁵⁹⁾

지적설계론의 도입을 둘러싸고 열띤 공방이 오가는 가운데 프랫트 교육위원회는 2000년 11월 말 과학교과과정표준 개정안을 마침내 통과시켰다. 수정안의 핵심 부분은 표준 3항, 5조 “생명이 지구에서 어떻게 탄생하게 되었는지에 대한 서로 다른 관점들이 있다”와 6조 “진화론을 지지하는 것으로 사용되는 교과서 상의 증거들에 대해서는 서로 다른 과학적 시각이 존재한다”이다.⁶⁰⁾ 이와 같이 개정안은 진화론 외에도 다른 시각이 존재한다는 것을 직접적으로 언급함으로써 프랫트 고등학교에서 지적설계 같은 대안이론에 대한 교육의 가능성을 열게 되었다.

이 결정은 지적설계론의 도입을 둘러싼 프랫트에서의 논쟁을 더욱 격화시켰다. 조직적인 투쟁의 조짐도 나타나기 시작했는데 1999년 캔자스 주 교육위원회의 과학교과표준 논쟁

56) Adrian L. Melott, “Letter: Ruse misused in guest commentary”, *Pratt Tribune* (August 30, 2000).

57) Chris Mammoliti, “Letter: Darwinian theory atheistic at its core”, *Pratt Tribune* (September 6, 2000).

58) Michael Ruse, “Letter: Evolution and religion”, *Pratt Tribune* (September 6, 2000).

59) 지적설계론에 앞서 창조과학의 과학성은 1980년대 초 전문과학철학자들 간에 뜨겁게 논쟁되었던 적이 있다. 이에 대해서는 박희주, “대주의와 과학-비과학 구획문제: 창조-진화 논쟁의 경우”, 『과학철학』3권 2호 (2000), 49-65쪽을 참조하라.

60) Mike Marzolf, “Pratt Board changes biology standards”, *Pratt Tribune* (November 28, 2000).

과정에서 만들어진 “과학을 위한 캔자스시민의 모임(KCFS)”과 “지적설계 네트워크(ID Network)”가 프래트의 논쟁에 적극적으로 개입하기 시작한 것이다. KCFS는 프래트의 결정은 단순한 지역사회의 결정을 훨씬 넘어서는 것이며 전국적인 지적설계론자 조직이 연계되어 프래트를 “시험대”로 삼아 지역교육위원회를 “이용”하고 있는 것이라고 경고했다. 프래트에 지적설계 도입을 시도했던 메모리티는 캔자스시대에 소재한 ID 네트워크와 연결되어 있으며 ID 네트워크는 다시 전국적 조직인 시애틀의 디스커버리 연구소(Discovery Institute)와 밀접한 공조관계에 있다는 것이다.⁶¹⁾

ID 네트워크를 이끄는 변호사 존 캘버트(John Calvert)은 한 걸음 더 나아가 프래트를 맹렬한 포위공격에 둘러싸인 “문화전쟁의 전초기지”로 비유했다. 이 전초기지는 지적설계를 반대하는 “부통령과 캔자스주지사가 뒷받침하는 막강한 주류과학계”에 둘러싸여 있으며 KCFS는 맨 앞서 공격하는 무자비한 “돌격대”라는 것이다. 무엇을 위한 전쟁인가? 캘버트는 자연주의라고 한마디로 답한다. 그는 “모든 현상이 물리, 화학 법칙의 결과라고 믿으며 목적론적 설명이나 설계에 의한 설명은 거부하는 신앙”으로 자연주의를 정의한다. 자신이 2차 대전 참전용사임을 밝히며 당시는 나찌의 잔인한 우생학을 정당화하기 위해 사용되었던 자연주의철학에 저항해 싸웠다면 지금은 자연주의철학에 의해 지배당한 과학에 저항해서 싸운다고 했다. KCFS가 현대과학을 지배하는 자연주의철학을 보호하기 위해 싸운다면 자신들은 논리와 비판적 사고에 의해 움직이는 참 과학을 위해 싸운다는 것이다.⁶²⁾

프래트의 논쟁은 조직화되면서 외부의 인물들도 가세한다. 디스커버리 연구소의 생물학자 조너스 웰스(Johathan Wells)가 자연선택설의 대표적 증거로 가장 흔히 인용되는 나방 연구의 문제점을 지적하는 편지를 보내고 이에 대응해 실제 이 연구를 수행했던 저명한 생물학자들도 반박문을 내며 급기야 인신공격까지 오가는 격한 싸움으로 변한다.⁶³⁾ 시골의 한 지방신문 독자투고난이 외부 생물학자들의 전문적인 공방이 오가는 과학포럼으로 사용되는 진풍경이 연출된 것이다.

1999년 8월 캔자스 주 교육위원회의 결정과 이듬해 11월 프래트의 위원회의 결정으로 가열된 진화론 논쟁은 1999년에 이어 2000년 연말 캔자스 신문들이 뽑은 올해의 톱뉴스에

61) Jack Krebs, “Letter: ID proponents ‘using’ Pratt’s Board of Ed”, *Pratt Tribune* (November 29, 2000).

62) John H. Calvert, “Letter: Naturalism and its siege on Pratt”, *Pratt Tribune* (December 6, 2000).

63) 영국의 산업화과정에서 공업지역의 나무가 공해로 까맣게 변해감에 따라 흰색깔 나방보다 검은색 나방이 더 많이 생존하며 전체 나방 군집의 색깔이 검은 색으로 변해 가는 현상이 관찰되었는데 이는 새와 같은 포식자의 공격에 검은색 변이가 더 높은 생존적합성을 가지며 선택되는 것으로 설명이 되었다. 이는 약 100년 남짓의 짧은 기간에 자연선택이 실제 작동하는 것을 보여주는 산 예로 많이 인용되었다.

서 2년 연속 1위를 차지하며 정점에 달한다. 그러나 이 논쟁은 2001년 급속하게 소강상태에 빠져들게 되는데 결정적인 계기는 새로운 위원선출을 통해 캔자스 주 교육위원회 내부의 대립구도가 진화론 쪽으로 기울게 된 데 있다. 2001년 1월 임기가 끝나는 몇 자리를 두고 치열한 경합이 벌어졌으며 투표결과 보수측의 패배로 끝이 났다. 새로 구성된 주 교육위원회는 진화론 관련부분을 약화시켰던 과학교육표준을 2001년 2월 중순 원상복구 시킴으로써 1년 만에 걸친 캔자스의 진화론 논쟁은 다시 원점으로 돌아가게 된 것이다.⁶⁴⁾ 주 전체의 분위기가 진화론 회복 쪽으로 돌아가게 됨에 따라 프랫트의 논쟁도 잦아들게 된다.

6. 맺는 말

이상에서 논쟁당사자들의 주장을 통해 캔자스 교과서논쟁의 핵심 쟁점과 전개과정을 재구성해 보았다. 이제 다음 질문으로 글을 맺고자 한다. 캔자스논쟁은 20세기 초반부터 진행되어온 미국사회의 오랜 진화론 논쟁사에서 어떤 의미를 지니고 있을까? 대략 두 가지 점을 지적할 수 있을 것 같다.

첫째, 캔자스의 논쟁을 통해 새로운 전략과 조류의 등장을 볼 수 있다. 1920년대 공립학교에서 진화론 교육을 강제적으로 금지시켰던 테네시, 미시시피, 아칸소 주의 반진화론법은 스코프스 논쟁을 거치며 유명무실해지다가 70년대 들어 모두 사라진다. 80년대는 진화론과 함께 창조론도 의무 교육화 할 것을 규정한 소위 “동등시간법”이 아칸소와 루이지애나 주에서 통과되어 진화론 논쟁사에 새로운 장을 펼쳤으나 이 역시 위헌판정을 받고 사라지게 된다.⁶⁵⁾ 진화론 금지도 불가능하고 창조론 의무교육도 불가능하게 된 상황에서 이루어진 캔자스의 결정은 진화론 교육을 선택사항으로 만듦으로써 진화론 교육을 약화시키려는 새로운 접근으로 볼 수 있다. 캔자스의 결정은 90년대의 변화된 상황이 반영된 새로운 전략의 등장을 보여주는 신호탄으로 볼 수 있을 것이다.

이러한 전략적 변화뿐만 아니라 전략을 수행한 주체에도 변화가 있었다. 초기 캔자스의 결정을 이끌었던 그룹은 80년대를 풍미했던 젊은지구창조론자들이었다. 그러나 캔자스 결

64) John Milburn, “Board approves new science standards with renewed emphasis on evolution”, *The Capital-Journal* (February 14, 2001).

65) 1920년대와 1980년대 미국 창조-진화 논쟁에 관한 간략한 역사는 박희주, “창조-진화 논쟁 어떻게 해석할 것인가?”, 『한국과학사학회지』 21 권 1 호(1999), 112-120 쪽을 참조하라

정이 전국적인 논쟁으로 전개되면서 논의를 주도한 것은 90년대 창조-진화 논쟁의 새로운 힘으로 부상한 지적설계론자들이었다. 전투적인 젊은지구창조론자들과는 달리 이들은 세련된 논변과 보다 온건한 입장으로 뉴욕 타임즈를 위시한 대표적인 언론매체들에 자신들의 목소리를 실을 수 있었으며 이는 캔자스논쟁에 전국적인 관심을 불러모으는 데 결정적 기여를 했다. 캔자스 논쟁은 지적설계론이 미국 창조 진화 논쟁의 새로운 주역으로 등장하는 계기가 된 것이다.

둘째, 캔자스 논쟁은 1980년대 미국사회를 휩쓴 “문화전쟁(culture wars)”의 맥락에서 파악할 필요가 있다. 기독교 세계관에 기초한 미국사회의 전통적 가치는 1980년대 소위 “종교적 우파”로 정치세력화 하며, 다문화주의적이고 보다 진보적인 세속적 가치와 충돌한다. 문화전쟁으로 대변되는 상이한 가치체계간의 이념적 충돌은 미국 중부지방의 한 교육위원회가 내린 결정이 어떻게 해서 전국적인 논란을 불러 일으켰는지 그 이유와도 맞 닿아있다. 한 카톨릭 잡지의 사설에서 실마리를 찾을 수 있는데 캔자스결정은 미국사회의 “극도로 민감한 이념적 부분을 건드렸다”는 것이다. 20세기 초에 시작된 오랜 진화론논쟁을 거쳐오는 가운데 많은 미국인들에게 진화론을 둘러싼 갈등은 자신들이 “종교적으로 가장 깊은 곳으로부터 불들고 있는 어떤 것을 둘러싼 갈등”으로 변해왔다. 이 속에서 진화는 “미국 문화 속에서 각자의 위치를 가늠하게 하는 시금석”으로 작용해왔고 캔자스사건은 이를 건드림으로써 잠재되어 있던 문화적 갈등을 분출하게 한 것으로 볼 수 있을 것이다.⁶⁶⁾ 지적설계론자 낸시 피어시(Nancy Pearcey)가 워싱턴의 한 청문회에서 했던 증언에서 이들이 가진 원초적 두려움의 한 단면을 읽을 수 있다.

다윈의 진화론이 등장한 이후 이 이론 때문에 전통 윤리가 뿌리째 잘려나간다고 많은 사람들이 우려해 왔는데 이는 옳은 판단이다. 요즘 한창 인기가 올라가는 블라드하운드 갱이라는 그룹의 노래를 여러분들도 아마 들어보았을 것이다. 이 노래는 다음 후렴부분을 귀가 찢어지게 반복한다. “당신과 나는 아무 것도 아니야. 포유동물이야. 그래, 그러니 디스커버리 채널에서 그것들이 하는 짓과 똑 같이 한번 해보자.” 이 노래의 뮤직비디오는 그룹 멤버들이 원숭이 분장을 하고 원숭이들의 성관계를 흉내내는 장면을 보여 준다.⁶⁷⁾

캔자스 교과서 논쟁의 이면에는 기독교적 세계관과 다윈주의적 세계관이 제시하는 상이한 가치체계의 갈등에 대한 본능적 두려움이 깔려있는 것이다.

66) “Expelling Darwin”, *Commonweal* (September 10, 1999), pp. 1-2.

67) Nancy Pearcey, “Why Darwinism Matters”, *Washington DC Policy Briefing* (May 10, 2000).

최근 하버마스는 “무언의 틈새”라는 강연에서 작년 9월 11일 뉴욕에서 폭발한 것은 다름 아닌 세속적 사회와 종교 사이의 긴장이라고 설명했다. 그는 근본주의를 지극히 현대적인 현상이라고 규정하고 ‘완고한 정통주의자들은’ 어디에나 있으며 테러리스트들의 침묵의 폭력과 (미국의) 미사일 너머에서 두 세계를 소통시킬 수 있는 공통의 언어를 발전시켜야 한다고 제안했다. 하버마스는 종교에 대해 적대적이기만 한 (과학 기술과 정치의) 세속화에 반대하면서, 종교와 거리를 두면서도 종교가 인간의 모습살이에 기여하는 직관을 수용하는 태도가 아쉽다고 말했다. 칸자스의 진화론 논쟁을 종교적 세계관과 세속적 세계관의 갈등의 맥락에서 이해한다면 하버마스의 이러한 제안으로부터 많은 것을 배울 수 있을 것이다.

진화생태학의 형성을 통해 살펴본 생태학의 성격*

김 기 윤

서울대학교 과학문화연구센터

Nature of the Ecology Seen Through the Formation of Evolutionary Ecology

KIM Kiyoan

Science Culture Research Center
Seoul National University

ABSTRACT

Contemporary textbooks in ecology incorporate the terms and language which have been developed through the competing and often seemingly incompatible conceptual bases. Advocates of the prevailing trend in ecology which has been dubbed as the evolutionary ecology, have been criticising the major premises and concepts of the old-fashioned ecosystem ecology. Yet they can not but adopt concepts and premises of the ecosystem ecology when they have to handle concrete problems in ecology. It is particularly noticeable in handling the practical issues at the textbook of environmental sciences, but the same tendency could be seen from most of the general textbooks in ecology. The obvious reason is the usefulness of those concepts and methods developed from different disciplinary bases developed for different purposes.

* 이 글은 2001년도 과학문화연구센터의 연구지원을 받아 작성되었다. 연구보고문 “생태학의 과학적 문화적 배경에 관한 연구: 진화생태학”의 내용을 기초로 하였다. 일관된 초점을 만들어 내기 위해서 본지 심사위원들과 편집인의 조언에 크게 힘입었다.

The incompatibility between premises and assumptions in evolutionary biology and ecology has been noticed from the inception of the ecology as a discipline, yet significant conflicts between the evolutionary viewpoints and functional viewpoints in ecology started from the early 1970s. Nevertheless, in spite of the diverse opinions on the nature of ecology, the practitioners of ecology in general seem to be rather liberally using the conceptual and methodological tools borrowed from the evolutionary ecology, ecosystem ecology, population ecology, and the community ecology.

Through a brief historical reflections on the rather puzzling diversities in ecological perspectives on nature, I was led to a conclusion that the methodological pluralism and conceptual diversity do not necessarily mean unfavorable fragmentation of the discipline. Methodological and conceptual diversity in ecology could mean equipping adequate instruments to grasp the many faces of ecological scopes, and to describe the multi-faceted layers of nature. Indeed, the diversity could be a sign of health rather than a sign of crisis in ecology.

Key Words: Ecology, Systems Ecology, Ecosystem Ecology, Evolutionary Ecology, Environment, *The Limits to Growth*

1. 서론

전지구적인 환경, 에너지, 부존 자원 등의 과거, 현재상황, 그리고 미래의 예측에 대한 연구보고서의 형태로 출판된 『성장의 한계』는 환경문제에 대한 생태학적 분석의 유용성과 한계를 논의할 때 항상 되돌아 보게되는 중요한 문서가 되었다.¹⁾ 하지만 또 한편 이 연구에서 사용된 시스템모델링 자체의 한계에서 시작하여 많은 비판이 이어졌다. 그 비판의 입장은 참으로 다양해서, 인류의 진보에 대한 낙관론이 유지되어야한다는 도덕적인 의무감에 기초한 비판으로부터 자유주의 이데올로기를 등에 업은 다국적 기업의 음모가 아닌가하는

1) Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Joergen Randers, and William W. Behrens, III, *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind* (New York: Universe Books, 1972).

의혹까지 대두되었다.²⁾ 최근까지도 성장의 한계란 마르크시즘이나 종속이론과 함께 지나간 20세기를 풍미하던, 그러나 이제는 분명 지나가 버린 과거의 아이디어라는 “관련학자와 연구자들의 의견”이 소개되는 형편이다.³⁾

오래 전 이 문제를 다룬 송상용 교수의 글 “성장의 한계”에서 우리는 그의 균형감각과 문제를 파악하는 치밀함을 읽을 수 있고, 또 생명현상에 관해 오랫동안 관심을 가져온 역사학자로서의 조심스러운 통찰을 엿볼 수 있다.⁴⁾ 그는 『성장의 한계』가 생태계생태학의 시스템 모델링으로 지구전체의 환경문제를 다룬 중요한 사례연구로서, 그 한계와 쏟아지는 비판에도 불구하고 생태학과 환경문제 사이의 관계에 대한 많은 논의를 유발하게 되었으며, “성서, 자본론, 종의 기원, 정신분석학과 함께 세계를 뒤흔든 불멸의 고전”이라는 평가를 내린다. 많은 약점에도 불구하고 성장의 한계는 환경론의 중요한 개념으로 남게 되리라는 송 교수의 평가는 환경론의 기초가 되어있는 생태학의 역사에 대한 통찰을 통해서도 뒷받침된다. 무엇보다도 『성장의 한계』는 많은 변수들을 생략한 시스템생태학의 추정 모델링에 기초한 개략적인 연구였다. 그리고 『성장의 한계』의 기초가 되었던 시스템생태학은 좀 더 다양한 생태현상을 포함한 생태계생태학의 중요한 그러나 일부에 불과한 도구로 간주될 수 있다.⁵⁾

현재 학문분야로서 생태학의 주요 연구과제들은 『성장의 한계』의 기초였던 생물상의 기능적 구조를 살피려는 생태계생태학을 넘어서 긴 시간을 두고 생물상의 변화양상을 살피려는 진화생태학을 표방하는 경향으로 기울고 있다. 하지만 생태계생태학은 여전히 교육과 연구의 대상이 되고 있으며 환경과학의 중요한 도구로 남아있다. 생태계생태학과 진화생태

2) H. S. D. Cole, et al., *Model of Doom: A Critique of the Limits to Growth* (New York: Universe Books, 1973)에서 Boern Lomborg, *The Sceptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World* (New York: Cambridge University Press, 2001/1998)에 이르기까지 수많은 출판물이 쏟아져 나왔다.

3) *Foreign Policy* (2002년 11-12월)의 기사를 소개하는 2002년 11월 13일 『동아일보』 A10의 국제관계 기사에서.

4) 송상용, “성장의 한계,” 金泰吉外, 『現代社會와 哲學』 (文學과知性社, 1981), 292-303쪽. B. 카머너, 『원은 닫혀야한다: 자연과 인간과 기술』 송상용 옮김 (전과과학사, 1980), 301쪽의 역자후기에서 송 교수는 1970년경 르네 뒤보의 『픽이나 인간적인 동물』을 읽고 생태학의 내용을 접하면서 생명현상의 “특이성”에 눈뜨게 되었다고 말한다. 하지만 그의 생명현상에 관한 관심은 다윈의 자연주의적 입장에서 목적론적인 요소를 찾아내려 애쓰는 강단철학자들의 형이상학적인 일탈을 비판하는 석사학위 논문, 그리고 18세기를 풍미하던 자연관에 단지 신을 매개로 한 유신론 및 이신론이나 거친 유물론적 체계뿐 아니라 균형 잡힌 자연주의의 요소가 면면이 유지되고 있었음을 주장하는 라메트리에 관한 연구에서도 볼 수 있다. 송상용, “다윈의 진화론과 목적론,” 1966년 서울대학교 철학과 석사학위 논문; “*L’homme machine*의 분석”, 『과학사 중심 교양과학』, 송상용 편저 (祐成文化社, 1980), 298-314쪽.

5) 생태계생태학과 시스템생태학의 차이, 그리고 수많은 생태학 관련분야들의 역사적 개관을 위해서는 로버트 매킨토시, 『생태학: 개념과 이론 *The Background of Ecology*』, 김지홍 옮김 (아르케 1999/1985)를 보라

학은 생태학이라는 분야가 하나의 통일된 방법론과 목적을 지녀야한다는 입장으로 바라볼 때는 타협하기 힘든 갈등을 드러내고 있는 듯 보인다. 하지만 생태학이란 무엇이며 어떤 내용이 이 분야의 연구프로그램으로 선택되는지는 단순히 논리적인 추론을 따라서 결정되지 않는다. 이는 우발적일 수도 있는 역사적인 사건의 연속선상에서, 의사소통과 교육을 위한 필요 속에서, 실제 문제의 해결을 위한 노력 속에서 어떤 경우에는 논문을 만들기 위한 연구주제를 찾아서 만들어지기도 한다. 그 속에서 생태학은 다층적인 자연의 위계들과 다양한 현상들을 함께 다루는 복합적인 구조를 갖추게된다. 즉 다양한 역사적 사건들의 배경 속에서 배태된 다양한 연구 대상 및 방법론들을 함께 포함하게되는 것이다.

2. 생태계생태학과 진화생태학

영국의 식물학자 탠즐리(Arthur G. Tansley, 1871-1955)는 1935년 최초로 “생태계 ecosystem”라는 단어를 만들어 쓰기 시작할 것을 제안하면서, 시스템이라는 용어가 “물리적”인 의미를 지님을 강조한다 그는 생태학이 물리과학의 용어와 개념을 사용해야 함은 물론, 물리과학의 성격을 지니게 되어야한다고 주장하면서 무엇보다도 미국의 식물학자 클레멘츠(Frederic E. Clements, 1874-1945)에 의해 확립된 천이 극상 등의 개념을 바탕으로 하는 군집생태학community ecology에 내재되어 있는 유기체론적인 기본 관점을 부정한다. 즉 탠즐리는 식물군집을 한 단위의 “복잡한 유기체complex organism”로 보는 클레멘츠의 입장을 비판하면서 그 대안으로 생물뿐 아니라 생물의 물리적인 환경요소들을 포함하는 좀 더 확장된 생태학적 개념단위로 “생태계”를 제시했다. 물론 그는 클레멘츠류의 생태학을 전면 부정하지는 않았다. 탠즐리는 클레멘츠가 만들어 낸 이론들이 식물상의 이해를 위한 초석이 되어 있음을 인정하는데, 특히 “천이succession” 개념은 식물상의 역동적인 변화양상을 보여주는 중요한 개념임을 지적한다. 하지만 천이가 기후조건에 따라 일정한 방향으로 변화하여 결국은 안정상태인 극상에 이르게된다는 이론전개에 대해서는 이의를 제기한다. 극상으로 이어지는 이들 일련의 개념은 한 식물군집이 그 전체로서 한 생명체의 성격을 띤다는 초유기체super-organism론 및 한 식물군집은 그를 이루고 있는 개별적인 구성요소들의 집합만으로는 설명될 수 없는 새로운 성질을 만들어내게 된다는 전일론holism에 바탕한 논의들이다.⁶⁾ 탠즐리는 이들 초유기체론이나 전일론을 의심스럽게 여기며, 이러한 의심스러운 논의의 전형적인 모습을 클레멘츠에게서 보다는 클레멘츠보다 더 열성적으

로 식물군집의 유기체적인 성격을 읽어내려 드는 학자들에게서 읽어낸다.⁷⁾ 하지만 텐즐리는 생태계생태학이라는 독특한 패러다임을 갖춘 한 학문 분야를 만들어내지는 못했다. 생태계생태학이라는 분야는 20세기 중반 미국의 역사적 배경 속에서 독특한 성격을 띠고 만들어진다.⁸⁾

생태계생태학을 새로운 패러다임과 내용을 갖춘 분야로 만들어 선을 보이는 사람은 유진 오덤(Eugene P. Odum, b. 1913)이다. 그는 생태계의 개념을 중심으로 하는 “채로운 생태학”을 표방하며 영향력 있는 생태학 교과서를 출판한다.⁹⁾ 오덤의 생태계생태학은 생태계의 생물요소들과 무생물요소들을 기능적인 전일체로 묶고 그 구조와 기능의 관계를 보여주는 공통분모로서의 물질과 에너지 이동을 정량적으로 그려내는 모습으로 나타난다. 즉 오덤의 생태계생태학은 기술적인 자연사를 벗어나 이론적인 틀을 갖춘 물리학으로서의 면모를 지향하면서도 유기체론적이고 전일론적인 생물상의 개념을 유지한다. 생태계생태학의 표준적인 교과서를 출판해 내면서 그 개념을 정립하는데 주도적인 역할을 하게되는 유진 오덤이 클레멘츠의 유기체적 개념들을 대체로 받아들이고 또 무엇보다도 생물군집에 대한 전일론적 시각을 더욱 강조하게 되는 상황이 벌어졌다.¹⁰⁾ 따라서 생태계생태학은 클

6) 이도원 “생태학에서의 부분과 전체,” 『과학사상』 제40호 (2002년 봄), 58-73쪽을 통하여 전일론을 둘러싼 논의가 생태학 내에서도 얼마나 다양한 주제로 나타날 수 있는가를 살필 수 있다. 클레멘츠 생태학의 유기체론적 성격에 대해서, 그리고 유기체론적인 군집의 개념에도 불구하고 클레멘츠가 지녔던 방법론상의 환원론적인 입장에 관해서는 김훈기, “클레멘츠(1874-1945)의 군집유기체 이론의 성격,” 『한국과학사학회지』, 제13권 제1호 (1991), 34-55쪽을 보라.

7) Arthur Tansley, “Use and Abuse of Vegetable Concepts and Terms,” *Ecology* 16 (1935), pp. 248-307. 텐즐리는 특히 1934년에서 1935년에 걸쳐 발표된 John Phillips의 논문, “Succession, Development, the Climax, and the Complex Organism: An Analysis of Concepts,” *Journal of Ecology* 22 (1934), pp. 554-571; 23 (1935), pp. 210-243; 23 (1935), pp. 488-508을 비판하고 있는데 필립스가 자연을 있는 그대로 본 것이 아니라, 자연 속에서 조화롭게 살아가는 인간사회의 이상을 보려들었다는 인상을 받았다고 말한다.

8) 생태계생태학의 형성과정에 대해서는 Joel B. Hagen, *An Entangled Bank: The Origin of Ecosystem Ecology* (New Brunswick: Rutgers University Press, 1992), 그리고 Frank Benjamin Golley, *A History of the Ecosystem Concept in Ecology: More Than the Sum of the Parts* (New Haven: Yale University Press, 1993)을 보라. 좀 더 사회, 문화적인 배경의 맥락에서 생태계생태학은 물론, 그 전의 군집생태학과 그 후의 진화생태학의 형성과정을 그린 Donald Worster, *Nature's Economy: A History of Ecological Ideas*, 2nd ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 1994)가 있으며, 간단한 소개로는 김기윤, “생태학의 사회적, 문화적 배경에 관한 역사적 고찰,” 『한국과학사학회지』, 제24권 제1호 (2002년 6월), 40-56쪽을 보라. *Nature's Economy*는 『생태학, 그 열림과 닫힘의 역사』, 강현, 문순홍 옮김 (아카넷, 2002)로 번역 출판되었다.

9) Eugene P. Odum, *Fundamentals of Ecology* (Philadelphia: W. B. Saunders, 1953).

10) 오덤의 전기인 Berry Jean Craige, *Eugene Odum: Ecosystem Ecologist and Environmentalist* (Athens: University of Georgia Press, 2001)에서 볼 수 있듯이 오덤의 생태계생태학을 논하는 사람들은 거기서 드러나는 유기체론적인 그리고 전일론적인 성격을 특히 강조한다.

레멘츠류의 유기체적인 성격과 시스템학의 기계론적 또는 공학적인 성격이 결합된 형태라는 뜻으로 “사이버네틱” 생태학이라고 불려지기도 한다. 생태계생태학은 핵실험의 결과물인 오염물질들의 이동경로를 살피는데 탁월한 모델로 여겨졌고, 한때는 방사생태학 radiation ecology라 불리기도 하면서 정부기관의 재정지원 아래 급속히 성장한다.¹¹⁾ 이어서 생태계생태학의 개념과 여타의 생태학 내용들은 1960년대 말에서 1970년대에 걸쳐 환경문제에 대한 관심이 높아지면서, 그리고 스푸트닉의 영향으로 새로운 교과과정이 미국에 도입되는 과정에서 중등학교의 교과내용으로 채택되기 시작하였고, 일반인을 겨냥한 생태학 입문서의 형태로도 출판되기 시작하였다.¹²⁾

지금도 도서관이나 책방에서 발견되는 생태학 입문서 또는 일반인들을 위한 교양서들은 대부분 오덤이 채택한 생태계생태학의 틀을 따르고 있다. 생산자, 소비자, 분해자들을 이어주는 물질과 에너지의 열역학적 흐름을 중요하게 다루지만, 식상이 천이를 거쳐 극상에 이르면 생태계는 평형을 이루게 된다는 클레멘츠류의 유기체적인 자연관에 기초한 개념들 역시 당연한 것으로 인정하면서 논의가 전개된다. 여기에 동물상을 위주로 한 개체군생태학의 정량적인 피식자와 포식자 사이의 관계에 관한 내용들이 덧붙여진다.¹³⁾ 오덤류의 생태학이 단지 생태학 입문서나 교양서에서만 큰 비중을 차지하고 있는 것은 아니다. 생태학 전문서적들 역시 오덤의 “열역학적”이면서도 유기체론적인 생태계의 개념을 식물상이나 동물상의 구조와 기능 그리고 그 변화를 기술하는 유용한 도구로 쓰고 있다.

하지만 영어권 국가들에서의 생태학 전문서적들을 살펴보면 오덤의 생태계생태학의 유기체론적인 논의들과는 거리를 두는 진화생태학이라 일컬어지는 내용들이 무게 있게 다루어지고 있다. 영국에서 가장 많이 쓰이고 있는 베곤 등이 쓴 생태학 교과서에는 생태계에 대한 논급이 빠져있으며, 미국에서 상당히 널리 채택되고 있는 콜린보의 교과서 역시 생태계는 아주 짧게 소개되고 있을 뿐이다.¹⁴⁾ 진화생태학이라는 제목의 책도 여러 권 눈에 띄

11) Chunglin Kwa, “Radiation Ecology, Systems Ecology and the Management of Environment,” *Science and Nature*, ed. Michael Shortland (Oxford: The Alden Press, 1993), pp. 213-250.

12) 김기운, “생태학의 사회적, 문화적 배경에 관한 역사적 고찰”.

13) 이 글에서 논의하지 않은 개체군생태학 population ecology은 나름대로의 역사적 족적을 지니고 있다. Sharon E. Kingsland, *Modeling Nature: Episodes in the History of Population Ecology* (Chicago: University of Chicago Press, 1985). 사실, 생태학을 나누는 여러 가지 틀이 있을 수 있다 그리고 이 글에서 전혀 언급하지 않는 많은 생태학 분야를 기술하고 있는 매킨토시의 『생태학』을 보라.

14) Michael Begon, John L. Harper, and Colin R. Townsend, *Ecology: Individuals, Populations, and Communities* 3rd ed. (Cambridge, Mass.: Blackwell, 1996). 초판은 1986에 출판되었다; Paul A. Colinvaux, *Introduction to Ecology* (New York: John Wiley, 1973). 제 3판은 *Ecology 2*라는 제목으로 1993년에 같은 출판사에서 출판되었다.

는데, 이 분야의 대표적인 교과서의 저자는 그 책의 제 5판 서문에서 이제 이 진화생태학이라는 분야가 한껏 꽃피면서 “다른 종류의 생태학을 대체해가고 있다”라고 단언한다.¹⁵⁾

생태계생태학이 생태학계에서 사라질 리는 없지만, 이제 이 분야의 저자들은 점차 다소간 방어적인 언급을 서론에 담기 시작하고 있다. 영어권에서 가장 널리 사용되고 있는 리클레프스의 생태학 교과서는 오덤의 책과 마찬가지로 생태계 개념의 중요성이 강조되고 있는 책이다. 대부분의 생태학자들과 마찬가지로 그 역시 초판에서부터 제3판에 이르기까지 계속해서 진화론적 시각의 중요성을 강조하고 있지만, 제3판에서 그는 이전의 판본에서 책의 말미에 배치되었던 생태계에 대한 내용을 책 앞머리에서 다루겠노라고 말하면서 생태계 개념의 유용성을 더욱 강조한다. 사실 1973년 출판된 리클레프스의 책 초판 서문에서 그는 자신의 주 관심사가 “환경문제의 해결을 위한 실제적인 목적을 수행하기에 가장 훌륭한 도구”인 “자연군집의 구조적 기능”을 보이는데 있음을 이야기하고 있다.¹⁶⁾

돌이켜 보면 오덤 자신도 아직 영향력 있는 생태계생태학의 고전인 그의 『생태학의 기초들』 제2판에서 그의 생태학이 “원자력 에너지의 평화적 이용을 위한 환경문제의 해결을 위해 기능적인 접근”을 하고 있다고 말한다.¹⁷⁾ 생태계생태학이 환경문제를 다루기 위한 도구적 성격이 강한 연구방향이라면, 진화생태학은 자연의 모습을 있는 그대로 충실히 그려내고 있는 생태학이라는 진화생태학자의 주장이 그럴 듯 해 보이기도 한다.¹⁸⁾ 국내의 많은 생태학 교과서 저자들은 대체로 이러한 생태계생태학과 진화생태학의 갈등에 대해 특별히 언급하지 않고 이 내용 저 내용을 섞어서 다루는 경향을 보인다. 하지만 국제적으로 알려져 있는 저자들은 대체로 그들의 생태학 교과서에서 생태계생태학과 진화생태학사이의 갈등에 대해 간접적으로나마 언급을 하고 있다.¹⁹⁾ 리클레프스의 경우, 생태계생태학적 개념들의 유용성에 크게 의존하고 있으면서도 진화생태학자들의 비판을 염두에 두면서 생태계

15) Eric R. Pianka, *Evolutionary Ecology*, 5th ed. (New York: HarperCollins, 1994), p. ix. 그리고 이 책의 500쪽 가까운 내용에 대한 긴 책인에서 생태계는 단 네 군데에서 나타나는 것으로 되어있다

16) Robert E. Ricklefs, *Ecology*, 1st ed. (Portland: Chiron Press, 1973), p. vii. 제 3 판이 출판되어 있다 (New York: W. H. Freeman, 1990).

17) Eugene P. Odum, and Howard T. Odum, *Fundamentals of Ecology*, 2nd ed. (Philadelphia: W. B. Saunders, 1959/1953). 후에 생태계생태학의 기초적인 사례연구로 제시되는 중요한 오덤의 연구들은 1953년 이 책 초판이 출판된 후에 시작되었다.

18) 생태학적 개념들이 지니는 인식론적인 성찰에 대한 논의는 의외로 빈약하다. 우선 *The Philosophy of Ecology: From Science to Synthesis*, ed. David R. Keller and Frank B. Golley (Athens: The University of George Press, 2000)의 글들을 볼 수 있다.

19) Robert Leo Smith, *Elements of Ecology*, 2nd ed. (New York, 1986), p. xiii에서 저자는 2판의 내용은 초판과 비교해 볼 때 “생태계생태학적 접근”에서 “진화생태학적 접근”으로 변화했다고 말한다. 저자에 따라서는 생태학의 파편화를 근심하며 한 통합분야로서의 생태학을 지향한다는 의도를 표명하기도 한다.

생태학의 개념과 모델들이 실제 자연환경을 얼마나 정확하게 예측하고 효율적으로 관리할 수 있는 도구들인가 하는 문제에 대해서는 상당히 신중한 입장을 보인다.

이러한 혼란에 대하여 많은 생물학자들, 분자생물학자들은 물론이고 분류학자들 역시 생태학이 과연 통일된 한 학문분야라 할 수 있는가 의문을 던지기도 한다. 하지만 그 와중에도 환경과학 또는 환경생태학이라는 이름 아래 생태학의 다양한 방법론 및 개념들이 뒤섞여 이용되는 경향이 점차 자리를 잡아가기 시작하고 있다.²⁰⁾

3. 진화생태학의 핵심적인 주장들

현대적인 내용을 갖춘 진화생태학의 등장과는 독립적으로, 진화론과 생태학의 관계에 대한 논의는 오래 전부터 있어왔다.²¹⁾ 앞서 소개하였던 생태계 개념의 중요성을 강조하는 영향력 있는 교과서인 리클레프스의 책도 초판부터 제3판까지 계속해서 생태학의 이해를 위해 진화론이 중요하다는 설명을 서문에 담고 있다. 아니, 이미 헤켈(Ernst Haeckel, 1834- 1919) 이 생태학이라는 단어를 만들어 낼 당시부터 생태학은 진화론의 논의들 속에서 형성되고 또 설명될 수 있으리라는 입장이었다.²²⁾ 도브잔스키(Theodosius Dobzhansky, 1900-1975)는 일찍이 모든 생명과학이 진화론의 배경아래서 이해되어야한다고 주장했으며, 허친슨(Evelyn G. Hutchinson, b. 1903) 같은 개체군생태학자도 생태학이라는 극장에서 공연되고 있는 연극은 사실은 진화라는 이야기를 하고 있다.²³⁾

20) 그 자신 진화생태학자임을 내세우는 붓킨의 교과서인 붓킨, 그리고 켈러, 『환경과학』 김강주 외 옮김 (신호서적, 2001)을 보라. 원저는 Daniel B. Botkin, Edward A. Keller, *Environmental Science: Earth as Living Planet*, 3rd ed. (New York: John Wiley & Sons Inc., 2000)이다.

21) James P. Collins, "Evolutionary Ecology and the Use of Natural Selection in Ecological Theory," *Journal of the History of Biology* 19 (1986), pp. 257-288. 콜린스는 진화론과 생태학의 관계에 대한 역사적인 연구를 제안한다. 그러나 이 글은 주로 1920년에서 1940년 사이에 격리되어 있던 진화론과 생태학이 1950년에서 1960년대 사이에 개념과 이론의 연결을 시도하는 노력이 있었음을 보여주는 데 그치고 있다. 생물학의 통일, 특히 진화이론의 통일을 위한 학자들의 노력과 정열 그리고 그 통일을 위한 노력 속에서 생태학이 완전히 빚겨 서 있는 모습을 Vassiliki Betty Smocovitis, *Unifying Biology: The Evolutionary Synthesis and Evolutionary Biology* (Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1996)는 보여준다.

22) Ernst Haeckel, *Generelle Morphologie der Organismen: Allgemeine Grundzuege der organischen Formen-Wissenschaft, mechanische begründet durch die von Charles Darwin reformierte Descendenz-Theorie...*, 2 vols. (Berlin: G. Reimar, 1866).

23) G. Evelyn Hutchinson, *The Ecological Theater and the Evolutionary Play* (New Heaven: Yale University Press, 1965).

하지만 이러한 다소 막연한 진화와 생태학에 관한 논의들과는 달리, 최근의 생태학자들이 생각하는 진화생태학의 그림은 좀 더 구체적인 것이어서 근본적인 지식관의 변화를 보여준다. “진화생태학”이라는 용어는 생태학의 “기능적인 접근,” 즉 생물과 그 환경 사이의 관계가 어떻게 작용하는가에 대한 연구에 그칠 것이 아니라 어떠한 원인에 의해 어떠한 과정을 거쳐서 그러한 관계에 이르게 되었는지를 연구해야한다는 주장 속에 1962년 오라이언에 의해 제시되었다.²⁴⁾ 1970년대에 이르면 생태학의 이해를 위해 진화론이 도움을 줄 수 있으리라는 막연한 내용을 크게 넘어서는 논의가 시작된다. 생태학 교과서들이 진화생태학이라 일컬어지는 새로운 내용들을 좀 더 많이 다루기 시작하면서 생태계생태학의 논의들을 상대적으로 덜 다루는 것만도 아니다. 이들 사이에는 자연을 보는 좀 더 근본적인 차이가 존재한다. 물론 교과서적인 책에서 이들 사이의 갈등이 구체적으로 논의되는 일은 드물지만, 흔히 이들 새로운 생태학 교과서의 저자들은 오덤의 생태계생태학에서 매우 중요하게 다루어지는 개념들을 오류로 간주한다.²⁵⁾

1960년대에 뜨거웠던 자연선택의 단위에 대한 진화론 내에서의 논쟁이 군집의 변화양상을 자연선택의 결과와 유비시켜 논하던 생태계생태학의 담론에 의혹을 일으켰다고 이야기되기도 한다. 하지만 본격적인 반론은 역시 생태계생태학이 널리 알려지기 시작하며 1970년대에 시작된다. 우선, 드러리와 니스벳은 1973년 뉴잉글랜드 지방의 삼림에 대한 연구를 통해서 천이의 개념 및 이에 기반한 생태학의 기본가정들에 의문을 던진다. 천이가 진정 시간의 흐름에 따라서 극상을 향해 진행되는지, 천이 과정에서 생체량이 항상성을 유지하는 가운데 생물 종들이 다양해지는 경향이 나타나는지, 그리고 이어서 안정된 식상에서는 종 다양성이 커지며, 또 다양한 종으로 구성된 식상은 안정성이 높아지는지 등에 대한 의문이 제기된다. 드러리와 니스벳은 생태계생태학에서 인정되고있는 이들 기본적인 관점들을 부정한다. 이들은 숲이 보여주는 식상의 변화는 각 종의 식물들이 생육지점의 상황에 따라 각각 다르게 진행되면서 특정 개체군이 도태되기도 하고 또 널리 퍼져 나가기도 하면서 “모자이크” 형태로 나타나며, 그 과정에서 어떤 “질서”가 드러나지는 않는다고 주장한다.²⁶⁾

24) Gordon H. Orians, “Natural Selection and Ecological Theory,” *The American Naturalist* 96 (1962), pp. 256-263.

25) Donal Botkin, *Discordant Harmonies: The New Ecology for the Twenty-First Century* (Oxford: Oxford University Press, 1990).

26) William H. Drury and Ian C. T. Nisbet, “Succession,” *Journal of the Arnold Arboretum* 54 (July 1973), p. 360.

생태계생태학의 기본적인 가정이나 개념들에 대한 부정이 계속되면서 식물상 및 그 변화를 표현하는 새로운 용어와 개념들이 나타나기 시작한다. 과연 나지에 처음 자리잡은 개척자식물이 죽어서 사라지거나 “자연적인 교란(natural disturbance)”의 간섭이 일어나지 않는데도 식물들이 천이의 다음단계인 식물들에게 유리한 환경을 만들어주면서 그 자리를 물려주는 것일까? 이러한 이어주기가 식상이 극상에 이르러 안정된 상태가 되면 그치게 되고 자연상태에서는 극상상태라는 일종의 평형이 오랜 기간 유지되는 것일까? 인간의 간섭 외에도 불, 폭우, 폭풍, 해충, 그리고 질병 등의 자연현상들이 끊임없이 식상의 안정상태를 교란하고 있는데 어떻게 정연한 순서로 천이가 일어나며 어떻게 안정된 극상상태가 지속될 수 있다는 것인가?²⁷⁾ 피켓과 화이트는 1985년에 출판된 일련의 논문에서 이러한 의문들에 근거가 있음을 보여주는 증거들을 제시한다. 이들은 중남미에서 플로리다에 이르는 열대삼림 및 초원의 식상들이 갖가지 동물들의 활동이나 화재, 한발, 폭풍, 홍수 등에 의해 끊임없이 요동치고 있는 “역동적이고 섬세한 모자이크”를 이루고 있음을 보여준다.²⁸⁾ 그렇다면 자연상태 식상의 이러한 모습이 왜 식물학자들의 눈에 드러나지 않아 왔단 말인가? 피켓과 화이트는 전통적으로 생태학에서 당연하게 받아들여 왔던 자연의 평형이라는 개념이 생태계생태학자들의 눈을 흐리게 했다고 본다. 자연 식상들이 보여주는 당연한 교란과 그 구성의 이질성에도 불구하고 생태계생태학자들은 그 속에서 조화와 균형과 질서를 찾는데 열중해왔다는 것이다.

20세기 중반에 접어들면서 지질학적 시간단위를 대상으로 하는 고생물학자들의 연구는 단순한 지층의 층서에 따른 화석연구를 벗어나 내용이 크게 확장되기 시작했다. 고생물학자들이 지층의 연대를 측정할 수 있게 되었을 뿐 아니라 꽃가루 등의 분석을 통해 과거의 기후나 생물상등을 추정할 수 있게 되었다. 그리고 이들 새로운 고생물학적 연구결과들은 식물상의 변화에 대한 진화생태학자들의 입장을 뒷받침하여 주었다. 캐나다 지역의 숲은 침엽수림이고 미 동부지역의 삼림은 활엽수림이라고 이야기하지만, 불과 1만 8000년 전 대부분의 북미대륙은 얼음에 덮여 있었다. 지질학적으로는 순간에 지나지 않는 지난 몇 만년 사이에 빙하기와 간빙기가 연이어지면서, 특정지역의 생물상이 크게 변화해 왔으리라는 점은 당연하다. 이 변화의 흔적을 고생물학자들이 읽기 시작했고, 이러한 변화 속에서 고생

27) Joseph H. Connell and Ralph O. Slatyer, “Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization,” *The American Naturalist* 111 (November-December 1977), pp. 1119-1144.

28) *Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, ed. S. T. A. Pickett and P. S. White, (San Diego: Academic, 1985).

물학자들은 하나 하나의 식물 개체들이 변해 가는 다양한 환경 속에서 살아남기 위해 경쟁했던 흔적만을 볼 수 있을 뿐이었다. 그들에게는 경쟁 속에서 군집의 균형과 개체군들 사이의 조화를 유지하는 식물군집의 안정된 시스템은 허구로 보였을 것이다.²⁹⁾

지질학 및 생물학 분야의 여러 논의들은 오랫동안 동일과정설로 표현되는 안정된 지구 환경을 가정해 왔다. 그런데, 지질학적인 시간단위로 조망할 경우, 지역에 따른 지표의 기후변화가 의외로 컸으며 또 일정한 변화의 방향성을 찾을 수 없다는 고생물학의 연구들이 이러한 믿음을 크게 흔들기 시작했다. 지질학에서 “격변설”이라는 다분히 조롱 섞인 이름이 붙여진 지구환경의 변화에 있어 큰 변동의 가능성을 인정하는 입장들이 되살아났다. 공룡의 절멸을 설명하려는 유성 충돌 원인설이 이제는 거의 정설로 받아들여지기 시작하였다. 비슷한 흐름 속에서, 생태학자들은 개척식물로부터 점진적으로 진행되는 천이과정에서 끊임없는 동요와 간섭, 그리고 우발적인 요소들에 주목하기 시작했다. 그리고 이렇게 생태학자들이 생물상을 만들어 가는데 있어서의 우발적인 요소들을 강조하는 입장을 학자들은 “진화론적인” 관점이라고 표현한다.

생태학 역시 다른 생명과학 분야들과 마찬가지로 진화의 시각에서 이해될 수 있어야 한다는 오랜 논의에도 불구하고, 진화론과 생태학은 서로의 탐구에 대해 딱히 기여할 바가 없는 듯싶은 상태가 오래 계속되어 왔다.³⁰⁾ 물론 다소 피상적인 유비는 있었다. 예를 들면, 천이과정에서 한 군집이 지배적인 생물상으로 나타나는 것을 군집생태학자들은 한 군집이 다른 군집에 비해 특정 기후나 지리적 조건 아래서 적응도가 높기 때문에 자연 선택되는 것으로 이해해 왔다. 그런데, 진화론에서의 집단선택이라는 개념을 강하게 비판하면서 자연 선택의 단위는 우선 무엇보다도 개체일 수밖에 없음을 설득력 있게 보여주었던 윌리엄즈의 논의는 한 군집이 다른 군집으로 대체되면서 진행되는 천이의 개념을 진화의 용어로 표현하곤 했던 생태계생태학자들의 용어사용에 대한 논란을 불러일으켰다.³¹⁾ 그리고 보면 텐즐리도 인정했던, 또 대부분의 생태학자들이 매우 유용한 생태학적 개념임을 인정하고 있는 천이 역시 제대로 정의되어 있지 못했다는 사실에 생각이 미칠 수 있을 것이다. 천이

29) Margaret B. Davis, “Quaternary History and the Stability of Forest Communities,” in *Forest Succession: Concepts and Applications*, ed. Darrel C. West, Herman H. Shugart, and Daniel B. Botkin (New York: Springer Verlag, 1981).

30) Smocovitis, *Unifying Biology*.

31) G. C. Williams, *Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought* (Princeton: Princeton University Press, 1966). 군집이 자연선택의 단위가 될 수 없으며 따라서 진화의 단위가 될 수 없다하더라도, 외견상 구분되는 군집을 구분하는 이름을 붙일 수 없을 이유는 없다. 그러나 1960년대 자연선택의 단위에 대한 논쟁은 군집의 천이를 논하는 생태학자들을 상당히 위축시켰던 듯싶다.

란 한 그룹의 생물들이 통제로 다른 그룹의 생물들로 바뀌는 것은 아니지 않은가? 일부가 계속적으로 다른 개체들로 대체되는 것일텐데, 그렇다면 굳이 천이라는 개념이 필요한 것일까? 자연상태의 식상이란 차라리 끊임없이 그 구성이 변하면서 이곳 저곳에서 작은 지역단위로 특성을 보이는 식상들이 자리잡아 누더기처럼 기워진 “조각보(patch)” 모양으로 나타난다고 보는 것이 옳지 않을까?³²⁾ 이제 혼돈, 교란, 모자이크, 조각보라는 용어들이 생태학에서 빈번히 등장하기 시작한 것이다.

4. 진화생태학 등장의 사상, 사회, 제도적 배경

이렇게 생태학이 변해 가는 모습을 진화생태학자 심벌로프는 생태학의 연구동향이 잘못된 “본질주의적” 시각을 벗어나 “유물론적이고 개연적” 시각을 갖추어 가는 패러다임의 변화로 표현했다. 그는 “플라톤류의 관념주의나 아리스토텔레스류의 본질주의”를 떨치고 물질증거에 의거한 생태학을 지향하는 이러한 패러다임의 변화를 바람직한 흐름으로 본다. 심벌로프에 의하면 군집의 유기체적 성격이니 전일론적인 자연관이니 하는 논의들이 모두 실제 자연의 물질증거를 결여한 관념적인 유희일 뿐이다. 생태계 역시 자연에 존재하는 물질적인 대응물이 확인되지 않은 오덤과 같은 생태학자들의 마음의 상에 불과하다. 유기체론적인 성격의 생태계생태학뿐만 아니라, 계량적인 개체군생태학의 기계론적이고 결정론적인 면모에 대해서도 심벌로프는 생태계생태학의 유기체론적인 성격에 대한 것과 마찬가지로 비판을 가한다. 자연은 한가지 원인으로부터 한가지 결과가 도출될 수밖에 없는 기계적인 필연성을 보이지 않는다는 것이다. 특정한 원인이 특정한 효과를 만들어낼 수밖에 없다는 자연상은 인간의 마음이 물리과학의 자연관을 연상하며 만들어 낸 관념일 뿐이라고 그는 주장한다.³³⁾

심벌로프는 유기체적 자연관이나 기계론적 자연관 등 생태학이 기대어 왔던 이론들이 그리스시대 이래의 형이상학적 그림자를 벗어나지 못한 추상과 유비에 머무르고 있다고 이야기하는 것이다. 철학자들은 심벌로프의 도발적인 주장 속에서 손쉽게 논리적 오류나

32) Pickett and White, *Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*.

33) Daniel Simberloff, “A Succession of Paradigm in Ecology: Essentialism to Materialism and Probabilism,” *Synthese* 43 (1980), pp. 3-39. 나는 *Conceptual Issues in Ecology*, ed. Esa Saarinen (London: D. Reidel Publishing Company, 1982), pp. 63-105 에 수록된 reprint 본을 이용하였다.

철학적 개념의 오용 사례들을 찾아내어 비판할 수 있었지만, 복잡하고 다지한 방향으로 진행되는 생태계의 모습을 유기체적인 또는 기계적인 구도로 간단히 묶어내는 것은 무리일 것이다. 생명계는 개체, 개체군, 또는 군집의 수준에서 각기 유일하고 독특한 성질들을 지닌다. 그렇다면 생태계생태학이 표방하는 생태계는 물리학자들이 환원론적 방식으로 물리 세계를 다루듯 연구되어야 할 이유가 없는 것이다. 심벌로프는 이어서 물리학에 익숙해져 있거나 그를 흉내내려 드는 생물학자들의 기대와는 달리, 생태학은 물리학의 연구방식을 따른다고 해서 좋은 성과를 기대할 수 있는 분야가 아니라고 주장한다.³⁴⁾ 그는 특히 1968년부터 1974년 사이에 미국이 활발하게 관여한 국제생물학프로그램 International Biological Program에서 시행했던 것과 같은 대규모의 연구프로그램은 가당치 않은 것이라고 비판한다.³⁵⁾ 사실 오덤은 1950년대 초반에 에니웨토크環礁 등에서의 소규모 연구를 통하여 그의 지질학적, 화학적 물질 순환을 기초로 한 생태계생태학의 개념들을 확립했다. 그가 생태학에서는 전례없는 대규모의 재정지원을 받아 수행했던 국제생물학프로그램의 연구결과들은 엄청난 분량의 보고서로 출판되었지만 영향력 있는 성과로 인정받지는 못했다. 너무 큰 생물상이나 지리적 단위는 생태학의 실험적 연구단위로 적당치 않았고, 생태학자들은 물리학자들과는 달리 위계적인 구조의 거대 프로젝트의 한 부분으로서의 연구 관행에 익숙지 않았다.³⁶⁾

생태학자 메이는 1970년대 중반에 이미 카오스 이론의 원리를 식물상, 동물상의 변화를 기술하는데 이용한다.³⁷⁾ 개체군의 수적 변화가 선형으로 나타난다기보다는 혼돈의 양상을 보인다는 메이의 통찰은 분명 당시 여러 분야의 예민한 학자들을 들뜨게 했던 카오스 이론의 영향이었다. 그는 기상학자나 경제학자 그리고 물리학자들 사이에서 논의되고 있던 카오스이론으로부터 생태학에서 비 선형적인 개체군의 수적 변화를 그려낼 수 있는 새로운 도구를 본 것이다. 물리학자로 학문활동을 시작한 메이는 프린스턴 대학에서 로버트 맥아더 교수좌에 있으면서 왕성한 학문활동을 통하여 생태학의 새로운 연구과제들을 보여주

34) 심벌로프의 인용근거는 Ernst Mayr, "Cause and Effect in Biology: Kinds of Causes, Predictability, and Teleology are Viewed by a Practicing Biologist," *Science* 134 (1961), pp. 1501-1506이지만 생명과학과 물리과학의 차이에 관한 논의는 그의 글 여러 곳에서 볼 수 있다. 특히 에른스트 마이어, 『이것이 생물학이다』, 최재천 외 옮김 (몸과마음, 2002/1997)을 보라.

35) Simberloff, pp. 88-89.

36) 하겐이 이를 잘 보여주고 있지만, 당시의 연구에 참여했던 골리 역시 크게 보아 국제생물학프로그램이 생태계생태학의 발달에 미친 영향이 크지 않았다는 일반적인 판단에는 동의한다. Hagen, pp. 164-188과 Golley, pp. 109-140을 비교해 보라.

37) Robert M. May, "Biological Populations with Nonoverlapping Generations: Stable Points, Stable Cycles, and Chaos," *Science* 189 (November 15, 1974), pp. 645-647.

는 많은 흥미로운 논문을 발표하게 된다. 그는 특히 카오스 이론이 제공하는 통찰에 힘입어 특이한 결론을 이끌어내는 연구결과를 연이어 발표한다. 예를 들면, 메이는 한 지역의 생물상이 다양하면 다양할수록 그 생태계가 안정성을 유지하게된다는 믿음에 도전했다. 몇 가지 알려진 변수들을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 메이는 매우 다양한 종들로 구성된 열대 우림지역의 생태계는 외부의 충격에 매우 취약하여 한 번 교란되면 다시 복원되기 어렵다는 결론을 내렸다. 반대로 단순한 생태계는 파괴된 후 그 복원 역시 단순하고 쉬우리라는 계산을 해 낸다. 이어서 메이는 생태계 내에서의 한 종의 수가 증가하거나 감소하는 양상이 전통적으로 논의되던 피식자-포식자 사이의 관계나 개체수 성장곡선같이 단순한 선형적인 계산으로는 이해되지 않는 혼란스러운 변화양상을 띠는 사실을 보여주는 여러 사례들을 모았다.³⁸⁾ 그리고 이러한 직관에 반하는 자연의 실재를 찾아낼 수 있는 카오스라는 도구를 다른 분야로 확장할 수 있으리라 생각했다. 그는 모든 사람들이 “휴대용 계산기를 갖고 논리 차이 방정식을 쉽게 풀 수 있다면 이 세상은 좀 더 바람직해졌을 것”이라 말한다.³⁹⁾

사상사 또는 관념사의 분석들을 통하여 역사학자들은 또한 20세기 후반의 진화생태학 속에서 이 시대의 특징인 개인주의적인 경향을 읽어 내거나, 질서와 균형과 같은 전통적인 자연관에 대한 포스트모던적인 부정과 해체의 영향을 추적해 내기도 한다.⁴⁰⁾ 앞서 잠시 논의되었듯이 종군집association이나 군집과 같은 개체 이상의 집단이 과연 자연선택의 단위가 될 수 있는가하는 논의들이 불거져 나오고, 또 이에 대한 부정적인 견해가 지배적인 것이 되어 가는 진화론에서의 흐름 역시 생태학에서 군집이 형성될 수 있는 조건에 대한 의문이 확대되는데 힘을 더했다는 것이다.⁴¹⁾ 역사가 켈러는 유전학 분야가 급격히 확산되면서 환원론적 연구경향이 생명과학 일반에 지배적인 것으로 자리잡기 시작한 것도 군집생태학의 퇴조 경향과 무관하지는 않았을 것이라 분석한다.⁴²⁾ 이렇게 환원론적인 시각이 생

38) May, "When Two and Two Do Not Make Four: Nonlinear Phenomena in Ecology," *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* (August 22, 1986), pp. 241-266.

39) 메이는 생태학을 통하여 카오스 이론의 전파와 확장에 크게 기여해 온 인물이다. 제임스 글릭의 『카오스: 현대과학의 대혁명』, 박배식, 성하운 옮김 (동문사, 1993/1987), 특히 75-101쪽, "생명체의 번성과 감소"를 보라. 인용은 101쪽.

40) 대표적인 학자는 위스터이다. 그의 *Nature's Economy*, 17장.

41) Williams, *Adaptation and Natural Selection*: Collins, "Evolutionary Ecology and the Use of Natural Selection." 하젠과 콜린스는 1960년대 유전의 단위에 대한 생물학자들의 논의가 생태계생태학의 위상에 큰 위협이 되었다 보는 듯하다. 그러나 이 논의는 1970년대에 현대적인 의미의 진화생태학이 등장하기 이전의 前史로 보는 것이 옳다고 생각한다.

42) 분자생물학과 유전학의 확장, 그리고 그 확장이 과학의 환원론적인 경향에 미치는 영향에 관해서는

물학 일반에서 대세가 되어간다거나 개체간의 경쟁이 진화론에서 중요시되는 경향이 생태학에 미치는 영향을 단선적인 인과관계로 그릴 수는 없을 것이다. 거대과학 프로그램에 대한 진화생태학자 심벌로프의 거센 반발도 이런 맥락에서 이해될 수 있을 듯하다. 심벌로프는 국제생물학프로그램의 거대과학이 개별과학자들의 창의적인 연구의제를 질식시키며, 일방적으로 규정되는 관료적인 연구계획의 모습이 옳지 않다고 주장한다.⁴³⁾

진화생태학 분야의 형성과 변화를 제도적, 사회적인 시각에서 분석해 볼 수도 있을 것이다. 우선 생태학자들의 수가 20세기 후반에 이르러서 급격히 증가하면서, 그 연구분야 역시 전문화되고 또 특화되는 경향을 보이게 된다. 1940년대 초반 허친슨의 지도 아래 생태계생태학의 중요한 기점을 마련하는 린드만(Raymond Lindeman, 1915-1942)의 논문이 발표될 때, 미국 생태학회의 회원은 700명 정도였으며, 오덤이 새로운 생태학으로서 생태계생태학이 등장하였음을 주장하는 1964년의 회원 수는 3000명 정도였다. 하겐은 무엇보다도 이러한 생태학계의 양적 팽창 속에서 “새로운 새 생태학new new ecology”으로서 진화생태학이 성장할 수 있었으리라는 점을 지적한다. 이 과정에서 젊은 생태학자들은 이미 잘 정리된 생태계생태학보다는 새로운 분야인 진화생태학에서 유망한 연구프로그램을 발견할 수 있었다는 것이다.⁴⁴⁾

오덤이 일찍이 그 능력과 열정을 알아보고 자신이 있던 조지아 대학으로 영입했던 생태학자 골리는 생태학이 생태계생태학의 등장에 힘입어 팽창해 가는 유망한 분야가 되었다고 느끼지는 않았다. 그는 생물학계 내에서의 생태학의 입지가 처음부터 취약했다고 기억한다. 생태학은 생물 주변의 무생물 환경에 대한 관심이 중요한 몫을 차지하고 있는데 식물학과 동물학 분야로 나뉘어 있는 전통적인 생물학의 성격상 생태학자들이 학계에 발붙이기가 쉽지 않았다는 것이다. 생태계생태학자의 수가 크게 늘기 시작하는 무렵은 또한 분자생물학이 급속히 팽창하기 시작하던 시기와 맞물리고, 분자생물학자들과의 경쟁 역시 이제 막 자신들의 연구를 위한 터전을 찾던 생태계생태학자들에게는 큰 장애였다고 골리는

Evelyn F. Keller의 여러 글들이 많은 시사점들을 제공해주고 있다. Keller, *Refiguring Life: Metaphors of Twentieth-Century Biology* (New York: Columbia University Press, 1995) 를 보라 생태학에 관해서는 Keller, “Demarcating Public from Private Values in Evolutionary Discourse,” *Journal of the History of Biology* 21-2 (Summer 1988), pp. 195-211 이 유용하다.

43) 역사학자인 위스터는 거대프로젝트에 대한 여러 생태학자들의 반발을 생태학자들 사이에 지배적이었던 개인주의적인 경향의 표출로 본다. 생태학자인 골리는 그보다는 생물학자들 사이의 재정적 지원을 둘러싼 경쟁관계의 영향에 더 큰 무게를 둔다. Worster, p. 401; Golley, pp. 5-6.

44) Hagen, pp. 122-145. 생태학자들의 수에 관한 자료는 Robert L. Burgess, “The Ecological Society of America: Historical Data and Some analyses,” in *History of American Ecology* (New York: Arno Press, 1977)이며 Hagen, p. 147에 인용되어 있다.

기억한다. 이에 더해서 생태계생태학이 다분히 전쟁 직후의 거대과학을 지향하는 시스템생태학의 성격을 지니고 있었고, 많은 유망한 대학원 학생들이 이 거대과학의 위계적인 연구시스템의 일부로 귀속되면서 각자의 학위논문 연구주제를 선택하는 것이 매우 힘들었다는 사실도 그는 지적한다.⁴⁵⁾ 이와 같이 생태계생태학은 무소불위의 위상을 순탄하게 유지해온 것만은 아니었다. 초반의 어려움에 이어서 곧바로 진화생태학으로부터의 도전에 직면하게 되는 것이다.

카오스 이론으로부터 진화생태학의 많은 통찰을 일구어냈던 메이는 고전물리학적인 자연질서와 결정론적인 자연관을 버리지 않는다. 메이는 그가 그리는 생태학의 많은 현상들은 비결정론적인 면모를 보이지만, 이는 그 비결정론적인 면모들을 구성하는 개별적인 요소들의 결정론적인 인과관계의 결과물이라고 주장한다. 메이 이후, 복잡계 과학이라는 분야가 이러한 비결정론적인 생태학이 지니는 취약점을 보완해 줄 수 있으리라 생각하는 학자들이 나타났다. 선형적이고 결정론적인 요소와 비결정론적이고 비선형적인 요소가 결합된 형태의 복잡계 과학이 제공하는 개념적 도움을 이용하여 새로운 진화생태학의 설계를 꿈꾸는 생태학자가 봇킨이다. 그는 또한 지금까지 진화생태학이 갖추지 못하고 있다고 생각되던 환경의 관리와 그 문제의 해결을 위한 도구로서의 유용성에 대해서도 자신감을 갖춘 진화생태학의 미래를 그린다.⁴⁶⁾

봇킨은 심벌로프와 마찬가지로 유기체론적인 군집생태학의 개념들과 기계론적인 생태계생태학의 개념들, 그리고 선형적인 개체군생태학의 모델들을 모두 거부한다. 하지만 그 결과 남게되는 혼돈 또는 복잡계의 양상을 보이는 생물상이 예측과 통제가 가능한 질서를 결여하고 있다는 두려움을 그는 일소에 부친다. 복잡계를 예측, 통제할 수 있는 도구인 컴퓨터와 새로운 수학이 개발되고 있다고 보기 때문이다. 굳이 생태계생태학의 단순화된 도구적인 관점에 매달릴 이유가 없게 되었으며, 복잡한 자연을 그대로 그리는 진화생태학도 자연을 관리, 통제할 수 있는 기능을 갖출 수 있다는 것이다.⁴⁷⁾ 그러나 실제로 환경문제들

45) Golley, pp. 1-7. 생태학자인 심벌로프 역시 비슷한 경험을 한 듯하다

46) Botkin, *Discordant Harmonies*.

47) 생태학자들은 대체로 봇킨의 확신에 찬 목소리에 동의하는 분위기인 듯싶다. 역사학자인 위스터나 환경운동가인 작스 같은 사람들이 불안감을 표시하고 있을 뿐이다. 위스터는 고전물리학의 붕괴를 불안해하는 20세기 전반의 막스 플랑크와 같이 정연한 자연관과 결정론적인 과학관이 버려서는 안될 근거와 이유가 있다고 생각하며, 작스는 봇킨에게서 환경의 관리를 위해 위험한 게임을 벌이려 드는 과학주의를 읽는다. Donald Worster, "The Ecology of Order and Chaos," in Worster, *The Wealth of Nature: Environmental History and the Ecological Imagination* (Oxford: Oxford University Press, 1993), pp. 156-170; Wolfgang Sachs, "Global Ecology and the Shadow of 'Development'," in *Global Ecology: A Political Conflict* ed. Wolfgang Sachs (London: Zed Books, 1993), pp. 3-21.

을 다룰 때 그는 군집생태학, 생태계생태학은 물론 진화생태학과 환경사의 두드러진 주제, 개념 및 연구결과들을 고루 이용하여 문제에 대한 해결과 이해를 도모한다.⁴⁸⁾ 진화생태학을 표방하며 이전의 생태학 개념들을 신랄하게 공격하는 붓킨이 환경과학의 영역에서는 이들 옛 생태계생태학의 개념이나 연구결과들을 주저 없이 사용하기도 하는 것이다. 이러한 혼란을 어떻게 이해하여야 할까?

5. 덧붙임: 생태학의 역사로부터의 성찰

콜리는 시스템생태학에 관한 진화생태학자들의 공격이 생태계생태학에 대한 오해에서 비롯된 것이라고 본다. 생태계생태학은 결코 『성장의 한계』에서 이용된 시스템 모델링에 머무는 것이 아니라는 것이다. 그는 현대의 생태계생태학에서 다루는 시스템은 잘 정의된 시스템 내에서의 논의를 대상으로 하는 연구여서 그 한계 내에서는 유의미한 결론을 도출하고 있다고 본다. 하겐은 생태계생태학에서 상정하는 시스템의 개념은 원래 하워드 오덤이 그렸던 공학적인 닫힌 회로를 의미하는 것이 아니었으며, 단지 국제생물학프로그램을 둘러싼 생태학자들 사이의 논란이 불러일으킨 소요가 생태계생태학을 시스템생태학과 동일시하게 되는 계기가 되었다고 본다.⁴⁹⁾ 원래 생태계의 개념이 좀 더 폭넓은 “외부요인”들을 시스템 안으로 끌어들여 종합적인 자연상을 그리려는 것이었고 따라서 생태계생태학의 지향점은 진화생태학이 제공하는 통찰들까지도 생태계를 논함에 이용할 수 있는 것이라고 하겐의 논의를 확장해 볼 수도 있을 것이다.

심벌로프는 생태학 이론의 역사적인 변화를 그려내는데 유용한 도구로 패러다임 개념을 사용했다. 그는 20세기 전반의 군집생태학, 중반의 생태계생태학 그리고 후반 이후의 진화생태학이라는 독특한 패러다임이 이전의 패러다임을 제치고 등장하는 모습을 강렬한 이미지로 부각시켰다.⁵⁰⁾ 하지만 생태학의 변화는 그러한 패러다임의 전환이라는 언어보다는 항상 새로운 개념적 도구와 연구목표들이 이전의 내용에 더해지는 모양새로 나타난다. 그간 물리과학이나 천문학과는 달리 생명과학의 변화를 패러다임이라는 언어로 그리는 것이 적

48) 붓킨과 켈러, 『환경과학』

49) Hagen, pp.179-180.

50) 패러다임이라는 언어를 강조하지는 않았지만 위스터의 *Nature's Economy* 는 심벌로프의 논문보다 훨씬 더 강력하게 이러한 이미지의 근거를 제공해 주었다.

절하지 않다는 논의가 많았다. 생명과학의 경우, 흔히 한 패러다임이 다른 패러다임으로 바뀐다기보다는 경쟁하는 패러다임들이 공존하는 모양을 보여왔다.⁵¹⁾

생태학 역시 그런 궤적을 보여왔다. 이미 군집생태학의 천이, 극상 등의 개념이 1920년경 카네기재단의 도움 등을 통해 강력한 도구로 자리잡아가던 생태학의 형성 초기에 글리슨과 같은 학자들이 군집의 개념에 이의를 제기하기도 했다. 글리슨은 클레멘츠의 천이와 개체발생 사이의 유사성이 단순히 피상적인 인상일 뿐이며, 천이과정이란 개별 식물 종들이 우발적인 씨앗의 산포나 무작위적인 환경 설정의 결과가 통계적인 변화로 표현되는 현상일 뿐이라 주장했다. 글리슨의 주장이 생태학의 역사 속에서 실제로 영향력을 발휘하였는가는 논란의 대상이 되고있다. 하지만 글리슨의 주장으로부터 우리는 현대적인 생태학이 형성 초기부터 이론적인 틀에 대해서는 통상 그 틀지움으로 해서 생기는 허점을 보완해 주는 이의들이 제기되곤 했음을 볼 수 있다.⁵²⁾

오덤의 생태계생태학에 대해서도 마찬가지로 이야기를 할 수 있다. 그는 클레멘츠의 유기체론적 자연관에 기초한 개념들에 원래 이를 거부하는 취지에서 시작되었던 시스템적 사고양식을 결합시키면서 생태계생태학이라는 분야를 만들어냈다. 그리고 뜻밖에도 많은 생태학자들이 1950년대 생태계생태학의 등장과 거의 동시에 군집생태학의 내용을 포함한 생태계생태학의 이론적 틀에 대한 의문들이 제기되어 왔다고 기억한다.⁵³⁾ 역사학자들은 오덤의 생태계생태학이 훌륭한 연구도구로 인정받게되는 결정적인 연구가 오덤 자신이 주도한 초대형 프로젝트였던 국제생물학 프로그램의 연구결과가 아니라, 거의 같은 시기에 진행된 비교적 작은 단위의 허바드 브룩 생태계연구였음을 인식하기 시작했다. 허바드 브룩 생태계의 연구결과들은 수많은 저널에 논문으로 실리고, 교과서나 생태학을 논하는 과학잡지에 인용되었음을 확인할 수 있다. 그런데 허바드 브룩 생태계 연구결과가 정리되는 과정

51) 대표적인 글은 John C. Greene, "The Kuhnian Paradigm and the Darwinian Revolution in Natural History," *Perspectives in the History of Science and Technology*, ed. Duane H. D. Roller (Norman: University of Oklahoma Press, 1971), pp. 3-25이다. 마이어 역시 여러 번 비슷한 주장을 했다.

52) Henry A. Gleason, "The Individualistic Concept of the Plant Association," *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53 (1926), pp. 7-26. Allan Marshall은 그의 "A Postmodern Natural History of the World: Eviscerating the GUTs from Ecology and Environmentalism," *Studies in the History and Philosophy of the Biomedical Sciences* 29 (1998), pp. 137-164에서 글리슨이 포스트모던 자연사, 즉 진화생태학의 개념적 씨앗을 뿌렸다고 주장한다. 하겐은 글리슨이 진화의 개념을 엄두에 두고 있지 않았고, 또 글리슨 이후 진행될 개체군생태학의 개념적 틀조차 갖추지 못했으므로, 그리고 무엇보다도 글리슨은 그의 개념을 구체적인 연구프로그램으로 확산시키지 못했으므로, 글리슨의 개념과 현대진화생태학을 비교하는 것은 단지 생태학자들의 호기심을 충족시키는 일에 불과하다고 본다. Hagen, pp. 28-31.

53) Michael Barbour, "Ecological Fragmentation in the Fifties," *Uncommon Ground: Toward Reinventing Nature*, ed. William Cronon (New York: W. W. Norton & Company, 1995), pp. 233-255.

에서는 이미 나중에 진화생태학자들이 즐겨 사용하기 시작하게 되는 자연계를 그리는 비선형적인 자연의 변화를 그리는 언어들이 나타나기 시작하는 것을 볼 수 있다.⁵⁴⁾

환경논의에 진화생태학이 어떤 모습으로 영향을 미치게 될지 아직은 구체적인 모습이 드러나 있지 않다. 하지만 진화 이론이 생태학에 어떠한 통찰을 제공하게 되더라도 환경의 논의에는 현 생물상의 구조와 기능에 관한 생태계생태학이 중요한 부분으로 남게 될 것이다. 물론 자연은 역사를 지닌 진화의 결과물이다 하지만 그 자연에서 인간은 어떤 기능을 갖춘 구조를 인식할 수 있기 때문이다.

54) F. Herbert Bormann and Gene E. Likens, *Pattern and Process in a Forested Ecosystem: Disturbance, Development, and the Steady State Based on the Hubbard Brook Ecosystem Study* (New York: Springer-Verlag, 1979), ch. 1. 하겐이 특히 허바드 브룩 생태계연구의 중요성을 강조한다. Hagen, pp. 181-188. 이전에는 허바드 브룩 생태계연구를 단지 국제생물학프로그램의 아류로 보는 것이 정설이었다.

〈수시력〉 수용과 〈칠정산〉 완성: 중국 원형의 한국적 변형*

朴 星 來

한국외국어대학교 사학과

Institutional Borrowings from China & their Korean Recreations: Calendrical Sciences

PARK Seong-Rae

Department of History

Hankuk University of Foreign Studies

ABSTRACT

In the 12th century China a remarkably improved calendar was developed with the rise of the Shoushi Calendar(授時曆). This new astronomical device, whose main architect had been known as Guo Shou-jing(郭守敬), was only gradually and with much difficulties absorbed by the Koreans throughout the later Koryo and early Choson periods, to be climaxed with the initiation of the first Korean calendar system, the Chiljeongsan(七政算 Calculations of the Seven Luminaries) in 1442(Sejong 24). Because Koreans were not well prepared in the astronomical and mathematical sciences during the pre-Shoushi period, they had to struggle very hard to attain the level of calendrical sciences of the Chiljeongsan.

This paper is an effort to explain somewhat detailed descriptions of the course of the Korean digestion and absorption of the Chinese calendar system with due

* 이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2001-045-B22001).

modifications through the long period of time from the late Koryo to the early Choson. And eventually its delivery to the Japanese after two centuries is briefly explained.

For the development of the calendrical sciences in China we have many relevant documents and modern scholarly products. But its introduction into Korea had been very much neglected, although some scholarly attentions were shed upon the Korean calendar system itself. Also the eventual delivery of the Korean version to Japan in the seventeenth century failed to receive due academic attention. This paper shall give more systematic and detailed survey of the Koreans' learning process of the Chinese astronomy, with digested survey of its introduction into Japan later.

Key Words: Shoushi Calendar, Chiljeongsan, Jeonghyang Calender, Astronomical and Mathematical Sciences, Calendrical Sciences

1. 서론

원(元)대에 중국에서는 전통적 천문학 위에 서양천문학(아랍 천문학)의 영향도 받아 보다 정밀한 천문학 체계로 <수시력>(授時曆)을 완성한다 그리고 그 새로운 역법 내지 천문학은 고려 말부터 우리나라에도 수입되기 시작한다. 그러나 이를 한국 사회가 온전하게 수용하기에는 많은 시간과 노력이 필요하게 된다. 결국 1세기가 지난 조선 초 세종대에서야 이것은 <칠정산>(七政算)으로 완성된다. 다른 제도적인 것의 수용과는 달리, 정밀과학 분야에서의 이 천문체계 수용은 대단히 정확한 수준의 천문역산학을 완성할 수 있게 되었다. 1442(세종 24)년의 <칠정산> 완성은 한국 역사상 가장 중요한 과학사의 전환점으로 평가될 수 있을 정도다. 이 논문에서 필자는 중국에서 <수시력>이 완성되는 과정을 추적하고, 그것이 고려 말에서 조선 초까지 수용되어 완성되는 전 과정을 서술함으로써 중국에서 시작된 천문학 체계가 조선에서 어떻게 완성되는지 살피려고 한다.

또 이 천문학 발달은 2세기 뒤에 조선통신사 일행으로 일본을 방문했던 박안기(朴安期)에 의해 일본에도 전해진 것이 밝혀져 있다. 1281년 중국에서 완성된 <수시력>은 1442년 조선에서 <칠정산>으로 변형 정립되었고, 그것은 다시 1682년 일본에서 <정향력>(貞享曆)으로 자리잡은 것이다. 중국의 <수시력>과 한국의 <칠정산> 그리고 일본의 <정향력>은

시대와 장소에 따라 서로 다르게 전개되었지만, 맥을 함께 하는 동아시아 3국의 중요한 공동 유산이라 할 수 있다.

이런 과정에서 드러나는 과학의 수용과 그것을 자기 나라에 알맞게 변용해 가는 과정을 연구함으로써 우리는 문화의 전파와 그 변용 과정을 더 깊이 있게 이해하고 그에 관한 어떤 지식과 지혜를 얻을 수 있을 것이다. 이번 연구는 우선 이 <元—朝鮮—日本> 사이의 역법 전수 과정 가운데 중국에서 조선에 전해지는 과정과 조선에서의 발전 모습만을 집중적으로 연구하고, 일본에의 전파를 간략하게 소개할 것이다.

2. 중국에서의 〈수시력〉 발달 과정

중국에서는 북송(北宋) 시대 1010년부터 1106년 사이에 5차의 대규모 항성(恒星) 위치 관측이 시행된 일이 있다.¹⁾ 이미 춘추전국 시대 이래 상당한 발달을 거듭해 온 중국 천문 역산학 수준이 이를 통해 다시 한 단계 높아진 것은 물론이다. 이들 5차의 관측 결과는 대략 다음과 같은 성과로 나타났다.

제1차(1010년)—한현부(韓顯符)가 새로 혼의(渾儀)를 제작하여 “外官星位の 去斗 및 極度數”를 관측했다고 기록되어 있다. 여기 두(斗)란 별자리 두(斗宿)를 가리키며, 당시 동지점의 통칭이다. 다른 말로 하자면, 당시의 항성 관측은 동지점을 기산점(起算點)으로 각 별의 적경(赤經) 값을 측정함으로써, 28수(宿)의 기준별(距星)을 표준으로 삼아 적경차(赤經差)를 재던 전통적 방식과 다른 것이었다.

제2차(1034년)—『경우건상신서』(景祐乾象新書)가 편찬되던 때 제2차 천문관측이 행해졌다. 그때 편찬된 주천(周天) 별자리(星座)의 입수도(入宿度)와 거극도(去極度)를 기록한 성표(星表)는 이미 없어졌지만, 『송사』(宋史) 천문지에는 당시 측정된 28수의 기준별(距星)의 관측기록이 남아 있다.

제3차(1049-1053년)—주종(周琮), 우연(于淵), 서이간(舒易簡) 등이 구리장치(銅儀)를 만들어 3차 관측을 했는데, 왕안례(王安禮) 등이 <영대비원(靈台秘苑)>을 수정할 때 관측 결과를 수용하여, 345개 별자리(星官) 기준별(거성)의 입수도와 거극도가 들어 있다.

제4차(1078-1085년)—이 관측 결과를 바탕으로 유명한 <소주석각천문도>(蘇州石刻天文

1) 杜石然, 『中國科學技術史考』(北京: 科學出版社, 1984), 下, 45쪽.

圖)를 만들었고, 그것은 지금도 남아있다. 1190년경 황상(黃裳)의 원래 그림을 바탕으로 1247년쯤 왕치원(王致遠)이 돌에 새겼다. 이 천문도는 8×2.5자(尺)의 크기로 1,430여 개의 별을 새겼는데, 북극 둘레에 3개의 동심원을 그려 나타내고 있다. 소송(蘇頌)의 『신의상법요』(新儀象法要 1172)속에 들어 있는 성도(星圖) 또한 제1차 관측결과를 나타내고 있는데, 1,464개의 별을 그려놓고 있다. 이 천문도와 아주 근사한 석각천문도 <천상열차분야지도>(天象列次分野之圖)는 한국에도 남아 있는데, 한국의 석각 천문도는 1395년의 것으로 밝혀져 있고, 아주 비슷하면서도 중국의 석각천문도와는 조금 다른 것이 분명하다. 그러나 이들 사이에 어떤 관련이 있는지 아직 충분히 연구되어 있지는 않다.²⁾

제5차(1102-1106년)―가장 정확한 관측결과를 얻은 요순보(姚舜輔) 등의 관측 결과는 <기원력>(紀元曆)에 수록되어 있다. 도(度) 이하의 값에 소(少=¼), 반(半=½), 태(太=¾)를 사용하여 정밀도를 높이고 있다. 전문적 연구에 의하면 28수(宿)의 거도(距度)의 오차는 절대 값의 평균에서 0.15도를 벗어나지 않는다. 당시로서는 대단히 정확한 값을 얻고 있었다고 평가된다. 이미 당대(唐代)에 일행(一行)은 이 거도의 변화를 관측은 하고 있었으나 그 이유를 설명은 하지 않았다. 그러나 요순보는 이 변화의 원인을 시대에 따라 ‘천도(天道)’가 달라지기 때문이라고 설명을 시도하고 있다.

이렇게 발달을 거듭하던 중국의 천문역산학은 원대(元代)에 들어와 곽수경(郭守敬 1231-1316) 등에 의해 한 층 더 발달하게 된다. 원래 몽골 정권 아래 1263년 세조에게 진언한 수리육사(水利六事)가 인정받아, 제거제로하거(提舉諸路河渠)가 되어 곽수경은 많은 수리공사를 하였다. 이렇게 토목기술자로 출세한 그는 1276년 왕순(王恂 1235-1281) 등과 함께 천문학 개량에 종사하게 된다. 신설된 태사원(太史院)에서 태사령(太史令) 왕순과 동지태사사(同知太史事) 곽수경으로 왕순이 주로 수학적 계산 등을 담당하고 곽수경은 천문 기구를 제작하고 사용했다. 수시력은 역표(曆表)의 계산만 남긴 채 1280년에 일단 완성되었으나, 1282년 왕순이 사망하자 곽수경이 태사령이 되어 나머지를 정리하여, 『수시력서』(授時曆書) 21권을 완성하게 되었다. <수시력>을 말할 때 흔히 곽수경의 이름만 거론되는 까닭은 여기에 있다.

<수시력>은 중국 역사상 대단히 중요한 특징을 보여준다. 확실한 역법으로 역사에 남아 있는 경우는 기원전 104년의 <태초력>(太初曆) 이후 서양식 계산에 의해 만들어 진 탕약망(湯若望, Adam Schall von Bell)의 <시헌력>(時憲曆 1645년 시행)에 이르기까지 중국

2) <천상열차분야지도>에 대해서는 많은 문헌이 있다.

역사에는 모두 48가지 역법이 알려져 있다. 그런데 이 1750년쯤이나 되는 긴 역법의 역사에서 다른 역법은 평균 30년 정도밖에 사용되지 않았지만, <수시력>만은 1281년 시행되어 1644년까지 364년 동안이나 사용되었다. 이 사실만으로도 이 역법은 그 역사적 가치가 대단히 높다는 것을 알 수 있다.³⁾

이렇게 <수시력>이 오래 사용되기에 이른 중요한 이유는 물론 그 우수성에 있다. 이 역법을 완성하는 데에는 기초적인 천문 관측이 충분히 행해졌을 뿐 아니라, 계산 방법도 개량되었으므로, 400년 동안 이를 능가할 역법을 새로 만들기가 어려웠다. 또 원대(元代)를 이은 명대(明代)에는 우수한 천문학자가 나오지 않아서 이를 개량할 엄두를 내기도 쉽지 않았을 수 있다. “천명을 받으면 제도를 고친다(受命改制)는 이념으로 새 역법을 편찬하려고 해도 아마도 불가능했을 것으로 생각된다”는 논평이 있을 지경이다.⁴⁾

그래서 중국 역사에서는 크고 작은 역법이 모두 80-90종이 되는데, 그 가운데 창조적 가치가 있는 것은 10여종이며, 그 가운데서도 가장 유명하고 중요한 역법은 3가지인데, 그것은 태초력(太初曆 104 B.C.), 대연력(大衍曆 729), 수시력(授時曆 1281)이라고 평가하기도 한다.⁵⁾ 그런데 이 셋 가운데서도 <수시력>만이 실제 관측 자료를 바탕으로 한 과학적 역법이라 할 수 있다. 바로 이 역법이 고려 말부터 이 땅에 수용되기 시작하고, 조선 초 세종대에 완전히 수용되어 조선의 기본 역법으로 역시 중국에서 <시헌력>이 성립되어 채택되기까지 이를 사용하게 된다.

수시력의 완성은 흔히 곽수경 혼자서 것처럼 알려져 있다. 조금 상세한 과학사 책으로 들어가면 왕순과 곽수경 2인의 작품으로 되어 있기도 하다. 하지만 이를 완성하는 데에는 훨씬 더 많은 사람들의 오랜 동안의 노력이 필요했다. 우선 송과는 달리 몽고족의 나라인 원은 원래 북방의 유목민으로 징기스칸 시대에 이민족의 정복에 크게 성공하여 유럽에서 아시아까지의 대판도를 장악하게 되었다. 그리고 여기에 당연히 공통의 역법에 대한 욕구도 강해졌다고 생각된다.

징기스칸을 추종하던 천문학자에 요(遼, 거란) 나라 왕족 출신의 야률초재(耶律楚材 1190-1244)가 있었다. 곽수경 직전의 대표적 천문학자의 한 사람이라 할 수 있다. 그는 1218년 징기스칸을 따라 서쪽으로 진군하여 사말칸드 지역에 오래 살면서 그 지역에 대한 연구를 책으로 남기기도 했고, 특히 아랍 역법을 연구하여 <마답파력>(麻答巴曆)을 만들었

3) 山田慶兒, 『授時曆の道』(東京: みすず書房, 1980), 1-3쪽.

4) 戴內清(俞景老 역편), 『중국의 천문학』(전파과학사, 1985), 154쪽.

5) 陳遵媯, 『中國天文學史』(臺北: 明文書局, 1988, 제5책), 188쪽.

고, 또한 <서정경오원력>(西征庚午元曆)을 만들기도 했다. 경오년이란 1210년을 가리키는 데, 이미 금 나라를 쳐서 몽고가 중국을 장악하게 된 것을 계기로 알맞은 역법을 제안한 것이었다.

<서정경오원력>은 아주 잠깐 시행되고 사라졌는데, 1267(至元 4)년에는 아랍 천문학자 칼마로정(札馬魯丁)이 <만년력>(萬年曆)을 만들어 바쳤고 이것이 역시 잠깐 시행된 것으로 기록되어 있다. 그런데 이 역법은 이슬람 민족 사이에서 시행되었고, 그는 7가지 아랍식 천문기구를 만들기도 했다. 1271년 그는 몽고에 아랍천문대를 세워 아랍식 천문학 연구를 계속했는데, 이곳은 당시 아랍 천문역산학의 본거지 역할을 하는 곳으로서 이미 톨레미(Ptolemy)의 천문학서나 유클리드(Euclid)의 기하학 책 등이 수집되어 있었다.

이런 배경을 가지고 원 세조는 수시력의 편찬을 명하게 되었던 것이다. 『원사』(元史) 역지(曆志)에 보면 다음과 같이 설명되어 있어서 그 작업이 곽수경과 왕순 두 사람만의 일도 아니었음을 알 수 있게 한다.

[至元] 13년 송(宋)을 평정하다. 이어 전중서좌승(前中書左丞) 허형(許衡), 태자자선(太子資善) 왕순(王恂), 도수소감(都水少監) 곽수경(郭守敬)에게 명하여 새 역법을 만들게 했다. 허형 등이 생각하기를 금(金) 나라가 비록 역법을 고쳤으나 송대(宋代)의 기원력(紀元曆)에 약간의 손질만 했을 뿐 실제 관측하여 검증하지는 않았다. 그리하여 남북의 천문학자 진정신(陳鼎臣), 등원린(鄧元麟), 유거연(劉巨淵), 왕소(王素), 악현(岳鉉), 고경(高敬) 등과 함께 역대 역법을 참고하여 바로잡고 일월성신의 운동을 관측하여 이를 새 역법의 근거로 삼았다. 17년 겨울 역이 완성되어, 조서를 내려 수시력이라 이름 붙여 18년 천하에 시행되었다.⁶⁾

이 설명만 보더라도 수많은 천문학자들이 동원되었다는 사실을 알 수가 있다. 또 이 역법 만들기의 총책임자는 장문겸(張文謙)이었다는 사실이 『원사』 장문겸 전(傳)에 밝혀져 있기도 하다.

일본의 중국천문학사 학자 수내청(戴內淸)은 이 많은 천문학자 가운데 가장 공이 있었던 인물로 3명을 꼽는데, 역리(曆理)에 가장 밝았던 인물로 허형, 수학적 계산에 가장 뛰어났던 왕순, 그리고 천문기구의 제작과 관측으로 곽수경을 꼽는 것이다.⁷⁾ 이들 이외에도 곽수경의 스승 유병충(劉秉忠)도 수시력 편찬에 공로자로 꼽힌다. 그밖에 장역(張易), 양공의(楊恭懿) 등의 천문학자 이름이 등장한다.

중국의 천문학사 학자 진미동(陳美東)은 “곽수경 등”이 동지 시각의 정확한 측정에서 얻

6) 戴內淸(俞景老 역편), 앞의 책, 159쪽.

7) 같은 책, 160쪽.

마나 훌륭하게 성공하고 있었던가를 자세하게 고증해 놓았다. 1277(지원 14)년에서 1279(지원 16)년까지의 3년의 예를 들어 동지 전후 여러 날의 관측 자료를 비교하여 동지 시각을 정하는 수학적 방법이 고도로 발달했음을 보여주고 있다.⁸⁾ 그런데 이 글에는 “곽수경 등”이라고 되어 있어서 사실은 꼭 곽수경만의 업적이 아니라는 점이 가볍게 암시만 되어 있다. 이래저래 수시력은 상당 시간에 걸쳐 여러 천문학자들의 노력으로 완성되었음을 알 수 있다.

이 시기에 곽수경이 주도하여 만든 천문기구로는 많은 것들이 알려져 있다. 영룡의(玲龍儀), 간의(簡儀), 혼천상(渾天象), 양의(仰儀), 고표(高表), 입운의(立運儀), 증리의(證理儀), 영부(景符), 규례(窺几), 일월식의(日月蝕儀), 성구(星晷), 정시의(定時儀), 정방안(正方案), 후극의(候極儀), 구표현(九表懸), 정의(正儀), 좌정의(座正儀) 등 이름도 아주 다양하다.⁹⁾ 관측분야를 담당한 곽수경이 설계한 이들 천문의기에는 아라비아의 영향이 많이 나타나 있다. 그리고 이들 가운데 여러 가지 기구가 세종 때 조선에서도 제작되었던 것이다.

이 가운데 세종대에 조선에서도 제작되었던 것들을 중심으로 몇 가지만 상세히 설명해 보자.

(1) 간의(簡儀)—중국의 전통적 천문 관측기구는 혼의(渾儀) 또는 혼천의(渾天儀)였다. 그런데 이 장치는 관측을 위해 자꾸 복잡해져서 원 이전에 이미 상당히 복잡한 구조를 갖게 되어 하늘의 일부가 가려서 관측에 불편해지게 되었다. 『원사』(元史) 곽수경전에 의하면 당시 사용되던 천문 기구는 송(宋) 나라가 변경(汴京) 기준으로 만든 것이어서 북경의 기준으로서는 맞지도 않고 복잡하여 새로 의기를 만들 필요성을 강조하고 있다. 그래서 우수한 혼천의의 장점을 계승하되 관측에 편하게 여러 고리 모양을 분해하여 설치하여 관측을 간편하게 했다. 그래서 이름도 간단한 의기란 뜻에서 ‘간의’(簡儀)라 했다는 것이다.¹⁰⁾

이에 대해서 조셉 니덤은 이런 구조의 기구를 제작한 것이 아랍 천문학의 영향이라고 지적하고 있다. 중세 아랍과 유럽에서 사용되던 기구에 토크툼(torquetum)이란 것이 있는데 곽수경의 간의는 이를 흉내낸 구조로 되어 있다는 것이다. 토크툼은 한 개의 원판이 적도면 안에, 그리고 다른 원판이 황도면 안에 배치되어 있는데, 서로 어떤 각도를 이루어 회전한다. 그리고 이들과 직각으로 황위판(黃緯板)을 받치고 있고, 그 황위판에는 각도기와

8) 陳美東, 『古曆新探』(遼寧教育出版社, 1995), 64-79쪽.

9) 山田慶兒, “郭守敬の天文器械”, 앞의 책, 198-210쪽; Joseph Needham, *Science & Civilization in China* (Cambridge: Cambridge University Press, 1959), Vol. 3, pp. 369-370(일본어판, 4권, 238-241쪽).

10) 伊世同·牛靈江, “簡儀”, 中國社會科學院 考古研究所(編), 『中國古代天文文物論集』(北京: 文物出版社, 1989), 347-354 쪽.

수직선이 붙여져 있다. 이것은 관측을 위한 것이라기보다 계산 장치라 할 수 있다 적도좌표를 황도좌표로, 또는 그 반대로 바꾸는 데 사용되었다

곽수경은 여기서 힌트를 얻어 아랍 천문학의 간단한 계산도구를 대형의 관측장치로 전환시킨 위대한 발명을 해냈다고도 평가된다. 특히 이것은 역사상 처음으로 적도장치(赤道裝置 equatorial mounting)를 발명해 사용했다는 점을 꼽기도 한다.¹¹⁾ 니덤은 이 부분을 크게 강조했고, 당연히 중국 학자들은 이를 인용하여 간의가 서양에서는 1595년 티코 브라헤에 의해 처음 사용되기 시작한 방식을 그보다 3세기 전에 발명했던 것이라 지적하고 있다.¹²⁾

그러나 앞에서 지적한 것처럼 간의가 아랍 천문학의 영향 아래 발명되었으리라는 니덤의 논평 부분은 중국에서는 대체로 무시된다. 아랍천문학의 영향을 좀 더 강조한 듯한 일본 과학사 학자 수내청의 논평—“간의는 서방의 의기를 모방한 것”—에 대해서는 강력하게 반대하는 논평을 하고 있기도 하다.¹³⁾

곽수경이 만든 간의 그 자체는 사라졌지만, 현재 남경(南京)의 자금산(紫金山)천문대에는 그 후 몇 나라 때 만들어진 간의가 서 있다. 그리고 이 간의의 실측 값은 아주 상세한 자료가 앞에 소개한 이세동(伊世同) 등의 논문에서 나와 있다.¹⁴⁾

이것을 바탕으로 세종대의 간의를 흉내내어 만들어 본 것이 현재 한국에도 여기 저기 세워져 있다. 그 중의 하나로 이용삼이 설계 제작한 것이 있다.

(2) 정방안(正方案)—남경 자금산천문대에 남아 있는 간의의 밑 바닥에는 간의의 방향을 잡는 데 절대로 필요한 정방안이 설치되어 있다. 이것 역시 간의와 함께 곽수경 등에 의해 처음으로 제작되었다고 알려져 있다. 『원사』에 의하면 한 변의 길이 4자, 두께 1치로 둘레에 수구(水溝)를 만들어 수평을 잡는 데 이용했다.¹⁵⁾

역시 세종 때 경희루 둘레의 간의에 붙여 제작되었다. 또 지금은 여러 곳에 복제되어 있기도 하다.

(3) 고표(高表)—역시 세종대 조선에서도 만들었던 대표적인 장치로 고표가 있다. 세종대 우리나라에서는 이를 구리로 만들었다하여 동표(銅表)로 부르기도 했다. 역시 경상북도 예

11) Joseph Needham, 앞의 책, pp. 367-372; 山田慶兒, 앞의 책, 201-202쪽.

12) 伊世同·牛靈江, “簡儀”, 中國社會科學院 考古研究所(編), 앞의 책, 354쪽; 陳遵媯, 앞의 책, 제6책 1783쪽.

13) 戴內清, 『中國の天文曆法』(東京: 平凡社, 1969), 143쪽에서 “간의는 서방의 의기를 모방한 것”이라 하고 있으며, 이에 대한 반론은 陳遵媯, 앞의 책, 제5책 193-194쪽에 나타나 있다.

14) 伊世同·牛靈江, “簡儀”, 中國社會科學院 考古研究所(編), 앞의 책, 352쪽.

15) 伊世同, “正方案考”, 中國社會科學院 考古研究所(編), 앞의 책 355-357쪽

천의 <나일성 천문관>등에도 세종때 것보다는 작게 복원한 것이 전시되어 있다.

이 또한 원 나라 때 곽수경이 처음 만든 것으로 밝혀져 있다. 원래 이것은 태양 고도 관측 장치로서 역사상 가장 오래된 천문 관측 장치라 할 수 있다. 중국에서도 『주례』(周禮)에 이미 그 원조인 규표(圭表)를 말하고 있다. 주관(周官)이라고도 부르는 이 책은 유교 경전의 하나로 주공(周公 BC 12세기)이 찬(撰)한 것이라고 되어 있으나 실제로는 지금부터 2천 여년전 한대(漢代)에 완성된 책으로 여겨진다. 주공이 예(禮)를 제정했다는 설에 갖다 맞추어 훨씬 오래된 것으로 여겨질 뿐이다. 여하간 태양의 그림자를 재는 규표는 오랜 기간 동안 8자(尺)짜리로 고정되어 왔다. 또 원시 시대의 태양 그림자 관측 장치가 한 해 동안의 그림자 길이를 측정하는 장치로 사용될 경우 규표라 하고, 그것이 하루 동안의 그림자 측정 기구로 발전한 경우를 해시계(日晷)라 부르게 되었다.

그런데 그 전까지 8자 짜리로 고정되었던 규표를 곽수경은 5배 높이로 키워서 40자 짜리의 고표(高表)를 만든 것이다. 이렇게 높은 규표의 꼭대기에 가로 질러 놓은 가로막대는 그림자가 사라져 버리기 마련이다. 이를 정확하게 재는 장치가 당시 발명되었기 때문에 고표의 측량에는 그 정확한 측량 장치인 영부(影符)를 붙여 사용하게 되었고, 이 영부 역시 곽수경의 발명으로 평가된다.¹⁶⁾

(4) 영부(影符)—경부(景符) 또는 영부(影符)라고 불리는데 고표의 꼭대기에 가로 지른 막대의 그림자가 고표가 너무 높아서 지상에 보이지 않기 때문에 사라진 그림자의 위치를 정밀하게 관측해 내기 위해 발명된 장치이다. 규표는 일찍부터 있었지만, 8자 짜리이던 것을 곽수경은 40자로 높였기 때문에 영부 없이는 관측이 불가능했을 것이다. 그것은 상자의 태양을 향한 면에 바늘 구멍을 뚫어 그 맞은 편에 생긴 태양의 둥그란 영상 한가운데에 검은 막대 그림자가 나타나게 이동한 다음 그 눈금을 읽게 되어 있다. 바늘구멍 사진기(camera obscura)의 원리를 이용한 장치이다.¹⁷⁾

(5) 규궤(窺几)—역시 곽수경이 1276(지원 13)년에서 1279년 사이에 처음 발명했다고 알려진 장치로, 별이나 달의 그림자 길이를 측정하기 위한 것이다. 가로×세로가 6×2자(척), 높이 4자로 되어 있다. 위쪽 면의 중앙에 길게 홈을 파서 그 홈을 통해 고표를 이용하여 태양의 고도를 측정하듯이 별과 달의 고도 측정에 사용되었다.¹⁸⁾

(6) 양의(仰儀)—지름 1장(丈) 2자(尺)의 속이 빈 구리로 만든 반구(半球) 모양이다. 윗면

16) 중국에서의 규표의 발달이 곽수경의 고표로 발전된 과정은 陳遵媯, 앞의 책, 제6책 1705-1714 쪽

17) 陳遵媯, 앞의 책, 제6책 1705-1714쪽; Joseph Needham, 앞의 책, p. 299.

18) 『中國歷史大辭典』(科技史) (上海: 上海辭書出版社, 2000), 708 쪽

에는 방위를 새기고 둘레에 수조(水槽)를 만들어 수평을 잡게 했다. 남쪽에는 동서와 남북을 향하는 십(十)자 모양의 기둥을 세우고 그 북쪽 끝이 구심(球心)을 향하게 한다. 그리고 그 끝에 선기관(璇璣板)이라 부르는 작은 판을 달았는데, 회전하게 되어 있다. 판의 한가운데 작은 구멍을 만들었는데, 바로 구형의 중심에 해당한다. 안쪽에 적도(赤道)좌표를 그려 넣어 하늘이 그 구멍을 통해 이 장치의 내면에 투영되게 만들었다. 용도는 진태양시(眞太陽時)를 측정할 수 있고, 태양의 거극도(去極度)를 잴 수 있으며, 특히 일식 때에는 태양 모양의 변화 과정을 정확하게 관측할 수도 있다.¹⁹⁾

(7) 혼천상(渾天象)—오늘날의 천구의(天球儀)에 해당하는 장치로 둥근 공 모양의 표면에 주요한 별들을 표시하여 이를 돌려 별들의 위치를 보여주게 만든 장치이다. 보통 혼상(渾象)이라고도 부른다.

(8) 성구(星晷)와 정시의(定時儀)—이는 ‘성구정시의’라는 한 가지 장치로 밤에 별자리를 보고 시간을 재는 것이라 하기도 하고, 또는 ‘성구’와 ‘정시의’라는 두 가지라고도 해석되고 있다. 니덤은 정시의란 것은 간의의 한 부분이거나 아니면 성구의 별명일 것이라고 해석하고 있다.²⁰⁾

(9) 기타—후극의(候極儀), 영릉의(玲瓏儀), 입운의(立運儀), 증리의(證理儀), 일월식의(日月蝕儀), 구표현(九表懸), 정의(正儀), 좌정의(座正儀) 등의 기구에 대해서는 여러 가지 설명도 있으나, 많은 부분 아직 밝혀져 있지 않은 것으로도 보인다. 특히 이 기구들에 대해서는 조선 초까지는 흉내내어 만들어진 것으로 보이지 않아서 한국 천문학사에 영향을 주지 못한 것으로 여겨진다. 이 논문에서 상세하게 논의할 가치는 일단 없다고 할 만하다.

3. 고려 말의 〈수시력〉 수용

고려 왕조는 개국 초기에 천문역산 분야와 복서(卜筮) 분야를 나눠 태사국(太史局)과 태복감(太卜監)을 나누어 설치했다. 통일 신라에 있었던 천문 기구 누각전(漏刻典)을 이렇게 고친 것으로 보인다. 그리고 태사국에는 영(令)과 승(丞) 아래 영대랑(靈臺郎), 보장정(保章正), 설호정(挈壺正), 사신(司辰), 사력(司曆), 감후(監候) 등의 관직이 나열되어 있다. 그 후 1023(현종 14)년 태복감은 이름을 사천대(司天臺)로 바꾸고, 문종대에는 관직도 약간 변동

19) 山田慶兒, 앞의 책, 206쪽; 『中國歷史大辭典』(科技史), 282쪽.

20) 山田慶兒, 앞의 책, 206쪽; Joseph Needham, 앞의 책 p. 370.

이 있었다. 그와 함께 이 때에는 태사국의 관직도 조금 변화가 있었다. 또 그 후 사천대는 사천감(司天監)이 되었다가 다시 사천대-관후서(觀候署)-사천감으로 바뀐 다음, 1308(충렬왕 34)년에는 아예 둘을 합쳐서 서운관(書雲觀)으로 했다가, 한번은 다시 둘로 분리된 다음 도루 합쳐져 조선 왕조로 넘어 왔다.²¹⁾ 이들 관서와 관직 이름은 주로 중국의 그것을 따른 것이어서 따로 설명할 필요가 없다.

바로 이 기관, 즉 태사국 또는 그 후의 서운관이 고려의 역법을 관장했다. 그런데 『고려사』 역지(曆志)에는 고려시대 역법 발달에 대해 상당히 비판적인 듯한 기록이 남아 있다. 고려는 따로 역법을 만들지 않고 당(唐)의 <선명력>을 그대로 사용했다는 것이다. 원래 822년부터 당에서 사용하기 시작한 <선명력>은 고려가 개국했을 때는 이미 거의 100년이 지나 그 정밀도가 떨어졌고, 중국에서는 이미 그 전에 역법을 바꿔 그 후 22회나 고쳤다는 사실을 지적하고 있다. 그런데도 고려는 옛날의 <선명력>을 그대로 쓰다가 충선왕 때에서야 원(元)의 <수시력>을 취하기 시작했으니 고려의 역법이 뒤떨어져 있었다는 인상을 주는 설명이다. 또 일단 <수시력>을 도입했지만 이번에는 개방술(開方術) 등을 잘 알지 못하여 일식 계산 등이 부정확했다는 것이다. 결국 일관(日官)이 적당히 수정해 보았으나 잘 맞지 않았다고 논평하고 있다.²²⁾ 그리고 이어서 여기에 고려가 사용했던 <선명력> 내용을 붙여 놓고 있다.

그렇지만 선명력 이후 중국이 22회나 역법을 바꾼 것은 사실은 더 훌륭한 역법이 개발되어서가 아니라, 다만 수명개제(受命改制)의 뜻에 따라 새 왕조는 반드시 새 역법을 내세웠고, 때로는 같은 왕조에서도 새로운 기틀을 만든다는 뜻에서 새 역법을 천명하는 일도 있었던 때문이다. 고려가 역법의 기조로 <선명력>을 유지했다는 것이 꼭 나쁜 일만은 아니었던 셈이다. 또 고려가 <선명력>을 사용했다는 뜻은 그것을 그대로 계산하여 고려의 역법을 삼은 것이 아니라, 『고려사』가 이미 지적해 놓은 것처럼 고려의 일관, 즉 천문학자들이 필요한 만큼 수정하여 고려의 역을 계산했음을 의미한다. 그래서 고려의 달력은 날짜 계산에서 가끔 중국의 달력과 달랐던 것이라 하겠다. 역사 기록을 보면 중국과 고려가 한 달의 길이를 서로 다르게 계산한 경우가 제법 많았음을 알 수 있다. 필자의 조사에 의하면 고려와 중국의 일진(日辰) 틀린 달이 들어 있는 해는 다음과 같다. 1022, 1025, 1032, 1040, 1041, 1049, 1055, 1059, 1065, 1079, 1096, 1114, 1118, 1147, 1148, 1149, 1252, 1282, 1287, 1306, 1332.²³⁾

21) 『고려사』 76: 44a-45b 백관지 “서운관”.

22) 『고려사』 50: 1a-b 역지.

또 국초에는 선명력을 썼다기보다는 중국에서 오대(五代) 왕조가 바뀌는 과정을 보면서, 중국 역법을 적당히 빌려서 썼던 것이 분명하다. 오대가 잦은 왕조 교체를 거듭하는 동안 중국의 왕조는 중국왕조 대로 고려의 복속(服屬)을 바꿨고 고려 역시 중국의 어느 왕조와 사대(事大)관계를 유지하느냐가 중요한 문제였다. 고려는 이 경우 중국 역법을 도입하다 쓸 수 있을 경우는 당연히 그렇게 했지만, 그것이 용이하지 않을 경우는 당분간 독자적 계산에 의해 달력을 만들어 사용할 수밖에 없었고, 이런 경우는 당연히 중국 연호도 사용할 수 없었다. 앞에 이미 설명한 대로 고려 초에 여러 차례 독자적 연호가 기록된 것은 여기서 생긴 현상일 뿐, 당시 사람들의 독립정신 등과는 별로 관련이 없다고 할 수 있다.

물론 중국이 안정되고 고려가 안정된 다음에도 중국 역법은 계속되어 수입되었다. 예를 들면 1022(현종 13)년에는 송(宋)에서 <건흥력>(乾興曆)을 도입했다는 기록이 보인다.²⁴⁾ 하지만 그것을 바로 사용하지는 않은 것으로 보인다. 이렇게 중국 역법은 건성으로 외교적 관례로 들여오면서도 고려는 독자적 계산을 해서 역법을 만들어 갔던 것이 분명하고, 그래서 1022년 이후의 중국 달력과 일진 차이를 보게 되는 것이다.

이는 다른 말로 하면 고려 천문학자들이 그런 대로 역법 계산에 자신감을 가지게 되었음을 의미한다. 그 결과 나온 것이 1052(문종 6)년의 5가지 역법이다. 그것은 김성택(金成澤)의 <십정력>(十精曆), 이인현(李仁顯)의 <칠요력>(七曜曆), 한위행(韓爲行)의 <견행력>(見行曆), 양원호(梁元虎)의 <둔갑력>(遁甲曆), 그리고 김정(金正)의 <채일력>(太一曆) 등이다.²⁵⁾ 이에 대해서는 그것이 잘못된 역법이라는 부분이 지나치게 강조된 연구 논문이 나온 일이 있다.²⁶⁾ 이들 5가지 역법이 위력(僞曆)인 것은 물론이다. 그 이름에서도 짐작할 수 있을 정도로 이들은 당시 유행했던 여러 가지 의사과학(擬似科學 pseudoscience) 내지 미신적 행위에 필요한 특수목적에 위해 편찬되었던 달력이었음을 알 수 있다. 그러나 이런 달력이나 역법이 성행했다는 사실로부터 당시 역법이 나름대로 궤도에 올라 발달하고 있었음을 알 수 있다고 판단된다.

그러나 세월이 흐를수록 <선명력>은 천상(天象)과 맞지 않는 부분도 생기고, 또 송나라의 역과도 맞지 않는 수가 있어서 1020년에는 몇 가지 역법에 대한 문제와 논의도 일어났

23) 朴星來, “고려초의 曆과 年號”, 『韓國學報』 (1978), 10: 135-155. 최근 한국천문연구원은 『고려시대 연력표』(1999)를 발간했다. 보다 상세한 비교는 이 책을 참고하는 것이 좋다.

24) 『고려사』 4: 38a 세가(현종 13년 5월 병자).

25) 『고려사』 7: 22a 세가(문종 6년 3월 무오).

26) 이용범, “麗代의 僞曆에 대하여”, 『진단학보』 29-30(1966); 이용범, 『한국과학사상사연구』 (동국대출판부, 1993), 86-108쪽.

었다. 1081(문종 35)년에도 납일(臘日)에 대한 물의가 있었다. 송력(宋曆)과의 불일치로 이러한 문제가 심심치 않게 일어났던 것으로 생각된다.²⁷⁾

하지만 고려의 역법에서 가장 중요한 전기는 역시 원 나라 때 중국에서 아라비아 천문학과 당시 그 영향으로 더욱 발달했던 중국 천문역산학을 받아들인 데에 있다고 할 수 있다. 물론 그 전에도 인도 천문학이 불교와 함께 이 땅에 영향을 주기 시작했을 것이지만, 아랍의 영향이 분명하게 나타나는 것은 고려 말부터의 일이었다. 앞에서 소개한 것처럼 관수경은 약 20가지의 새로운 천문 기구들을 고안해 사용했고 아랍 천문학의 영향 속에 중국 천문학 수준을 한 층 높인 것으로 알려져 있다. 바로 그가 만든 중국 역법 <수시력>이 고려 말부터 알려지기 시작한 것이었다.

당연히 고려 천문학자들은 이를 수입하려고 노력했다. 하지만 1281(충렬 7: 至元 18)년 원(元)의 사신 왕통(王通)이 고려에 와서 <수시력>을 전해 주었으나 그것을 당장 고려가 채택할 수는 없었다. 이 새 역법을 전하면서 중국 사신은 그 과정을 상세히 설명하는 중국 천자의 조서를 가지고 왔다고 『고려사』는 기록하고 있는데, 이 기사 끝에는 중국 사신 왕통이 도일사(道日寺)에 묵으면서 낮에는 해 그림자를 재고, 밤에는 천문을 관찰하며 고려의 지도를 구해 보았다고 적혀 있다.²⁸⁾ 아주 흥미로운 기록인데, 당시 고려 천문학자도 함께 낮에는 해 그림자를 재고 밤에는 천문을 관측하고 있었을 것이라 생각된다. 특히 이런 관측을 지도를 보면서 고려와 중국 북경의 경도 및 위도 차이 문제를 계산했을 것으로 짐작할 수 있다.

그러나 막상 이렇게 재빨리 수입된 <수시력>은 고려 때에는 아직 소화되지 못했던 것으로 보인다. 그 원인을 『고려사』 역지(曆志) 첫머리에서는 개방술(開方術)을 아직 제대로 소화하지 못하고 있었던 때문인 것처럼 기록하고 있으나, 정확한 원인을 알기는 어려운 일이다. 개방술이란 물론 제곱근을 구하는 것을 뜻하지만 단순한 제곱근 구하는 수학적 기술이 부족해서라기보다는 보다 전문적인 수학 수준이 떨어져서 소화하기 어려웠을 것으로 보인다. 여하튼 고려 말기 동안 고려에서는 여러 가지로 이 수학적 재능을 기르기 위해 노력했다.

충선왕이 1303-1304년 중국에 머물 동안 최성지(崔誠之 1265-1330)에게 내탕금 100근을 주어 중국에서 좋은 선생을 구하여 역법의 기술을 배우도록 했다.²⁹⁾ 1300년대 초에 가서

27) 『고려사』 9: 33a-b(문종 35년 12월 계해).

28) 『고려사』 29: 30b-31b(충렬 7년 1월 무술 삭).

29) 『고려사』 108: 11b 열전, “최성지”.

겨우 수시력을 소화하기 시작하고 있었던 것을 알 수 있다. 그리고 이렇게 최성지가 배워 고려 천문학자에게 전한 내용이 바탕되어 고려 천문역산학은 발달해 갈 수 있었던 것으로 보인다. 지금 남아 있는 『수시력첩법입성』(授時曆捷法立成)은 활자본 1책으로 간행된 것이다.³⁰⁾ 최성지의 제자로서 역산학에 능했던 서운정(書雲正) 강보(姜保)가 1346년 간행한 것이라고 이 책의 서문에 적혀 있다.

그러나 준비 없이 곧 이것을 시행할 수는 없었다. 충선왕이 원나라에 머물러 있을 때 태사원(太史院)이 역수에 정밀함을 보고 동행하였던 최성지에게 내탕금 100 근을 주어서 스승을 구하여 이를 배우게 하였다. 최성지가 그 역법을 다 배우고 돌아와서 강보에게도 역술을 전하였고, 고려는 〈수시력〉을 쓰게 되었다. 현재 강보가 지은 『수시력첩법입성』(授時曆捷法立成)이 남아 있다. 그러나 개방지술(開方之術)을 전하지 못하여 교식(交食)만은 〈선명력〉의 술법을 그대로 쓸 수밖에 없었다. 자연 교식의 예보가 실제와 맞지 않아서 일관(日官)들이 고생하였으나, 고려 말까지는 이내 고치지 못한 채로 내려오고 말았다.

그 뒤 1370(공민 19)년에는 성준득(成准得)이 명(明)에서 〈대통력〉(大統曆)을 얻어온 것으로 되어 있으나, 〈대통력〉과 〈수시력〉은 역원(曆元) 등 약간만 다를 뿐이어서 고려의 역법에는 근본적 영향을 미치지 못했다.³¹⁾ 그밖에도 여러 가지 역법 발전에 관한 기록이 남아 있지만, 실제로 〈수시력〉이 완전하게 우리나라에 수용된 것은 역시 조선 초 세종 때의 일로 드러난다. 세종대인 1442(세종 24)년 완성된 『칠정산』 내외편이 바로 그 열매였다.

그러나 이런 역산학 발달의 기초가 되는 천문학 분야로 들어가면 상세한 기록이 남아 있지 않다. 천문도에 관한 것으로는 오윤부(伍允孚 ?-1304)가 천문도를 만들었다는 정도를 알 수 있을 따름이다.³²⁾ 이 천문도는 그 후 천문도의 기준이 될 정도였다니, 상당히 잘 만든 것이었다는 뜻으로 보인다. 어쩌면 조선 초의 〈천상열차분야지도〉 역시 이런 전통에서 나온 것일 것이다. 그는 천문 관측에 골몰한 나머지 먹고 자는 것조차 잊을 지경이었으며 별점(星占)을 잘 쳤기 때문에 정치에도 영향력을 미쳤고, 몽골 제국의 쿠빌라이 칸에게 초청되어 가기도 했다. 그는 전 하늘의 별들을 관측하여 성도를 만들었는데 당시 천문학자들이 표준으로 사용할 정도였다고 한다. 그러나 안타깝게도 이 천문도는 오늘날까지 남아 있지 않다.

오윤부와 함께 『고려사』 열전에 들어 있는 또 한 사람의 천문학자로는 권경중(權敬中)의

30) 규장각 소장본은 조선 초 세종대의 것이다.

31) 『증보문헌비고』 1: 3b 상위고, “역상연혁”; 『고려사』 42: 9b(공민 19년 5월 갑인).

32) 『고려사』 122: 8b 열전 “오윤부”.

이름을 들 수 있다. 고려 후기의 문신이었던 그는 벽곡술(辟穀術: 곡식을 먹지 않고 솔잎·대추·밤 등을 조금씩 먹고사는 일)을 배웠고 『명종실록』을 편찬할 때 한 부분을 담당했는데, 천문 기록을 조사하여 고려의 실록에 포함시킨 것으로 밝혀져 있다³³⁾ 그는 천문 현상 뿐만 아니라 지상의 이상 현상까지 포함한 모든 자연의 재이에 대해 강한 의견을 가졌고, 또 이를 근거로 그의 정치 활동에 많은 역할을 한 것으로 그 내용이 아주 상세하게 <고려사> 열전에 들어 있다. 『고려사』 천문지와 오행지에는 이런 이상 현상 약 6천500개가 기록되어 남아 있는데, 그 일부는 바로 권경중이 수집한 자료였을 것으로 보인다 이에 대해서는 초보적 연구가 되어 있다고 할 수 있다.³⁴⁾

하지만 어느 의미에서는 조선시대 최천벽(崔天璧)이 1708년(肅宗 34)에 임금의 수성(修省)에 필요하다하여 간행한 『천동상위고』(天東象緯考)는 고려시대의 천변과 지이(地異)를 망라한 가장 방대한 자료로 되어 있다.³⁵⁾ 아직 이 문헌에 대한 상세한 연구는 없지만, 『고려사』 천문지 내용과 거의 일치하지 않을까 생각된다.

이 시기의 천문 기록들은 일식과 월식, 오로라로 보이는 현상(赤氣, 靑氣 등), 달이 별을 가림(月掩恒星), 행성이 별을 가림(五星掩恒星), 달이 행성을 가림(月掩五星), 태양 흑점(日中黑子), 혜성(彗孛), 신성과 초신성(客星) 등 아주 다양하고도 그 숫자가 많다. 고려시대의 천문학에 대하여는, 문헌으로는 『고려사』·『고려사절요』와 그밖에 몇 종의 보조자료가 있을 뿐 유적이거나 유물은 거의 없는 형편이다. 『고려사』에는 천문지(天文志) 3권, 역지(曆志) 3권, 오행지(五行志) 3권이 있는데, 천문지에는 나라의 길흉이 하늘의 현상으로 나타난다는 전통적인 재이(災異) 사상에 따라 세밀히 관측된 천문기상 현상이 수천 개 기록되어 있으며, 천문 뿐만 아니라 오행지에 들어 있는 지상에서의 이상 현상도 합하여 총계 약 6천 이상이다. 『고려사』에 남아 있는 이렇게 많은 재이 기록에 대한 본격적 연구는 아직 부족하지만, 일부 연구가 시작된 셈이라 할 수 있다.³⁶⁾

『고려사』 역지는 간단한 서문에 이어서 고려시대에 사용하였던 <선명력>과 <수시력>의 모든 내용을 기록한 것이다. 천문지에 기록된 현상으로는 고려 475년 동안에 일어난 132회의 일식(日食)을 비롯하여 혜성·유성·운석·객성, 금성과 목성의 낮에 나타남(晝見), 달

33) 『고려사』 101: 12b-21a 열전 “권경중”.

34) Park Seong-Rae, *Portents and Politics in Korean History* (Seoul: Jimoondang, 1998), pp. 25-30; 이희덕, 『고려유교정치사상의 연구』 (일조각, 1984), 제 7-17쪽.

35) 최천벽, 『천동상위고』 (규장각 4452)와 그 영인본으로 한국과학사학회(편), 『한국과학기술사자료대계』 7(천동상위고)가 있다.

36) Park Seong-Rae, 앞의 책; 이희덕, 앞의 책.

의 오성(5개의 행성) 겹침(掩蔽), 행성의 특수한 별자리 침범 등의 천문현상과 여러 종류의 헛무리와 여러 색의 대기 속의 광학 현상이 기록되어 있다. 이들 천문지의 기록은 『삼국사기』의 기록에 비하여 훨씬 수가 많다.

이런 관찰은 천문 관측소에서 조직적으로 실시되었던 것을 알 수 있으나, 그랬다는 기록을 직접 찾기는 어렵다. 다만 앞에 소개한 천문관서에 관측 담당 관리 이름들이 보이고, 또 개성에 그 흔적만 돌들로 남아 있는 첨성대(瞻星臺)를 들 수 있다. 개성의 만월대(滿月臺) 서쪽에 남아 있는 첨성대의 유물은 가로×세로 40cm의 4각형 돌기둥 5개가 높이 2.8m로 세워져 남아 있다. 그 위에 다시 구조물이 세워져 관측 장치들을 올려 놓았을 것으로 짐작된다.³⁷⁾

고려 때의 천문관계 유적은 거의 전무한 상태이다. 다만 개성 만월대(滿月臺)에 첨성대라고 구전(口傳)되는 건축물이 있다. 넓이 약 3㎡의 석판(石板)을 높이 3m 가량의 5개의 석주(石柱)로 받치고 있고, 대상 네 귀에는 지름 15cm 가량의 구멍이 있어서 석난간(石欄干)이 있었던 것 같다. 이 구조는 조선시대의 간의대(簡儀臺)를 연상하게 한다. 이밖에 강화도 마니산(摩尼山)에 첨성단(塹星壇)의 유적이 있는데 기록에 의하면 그 상방하원의 구조라든지 조선시대의 혜성(彗星), 기타 관측지로 사용되었던 사실 등으로 보아 고려의 강도(江都) 40년 동안의 첨성대가 아니었나 짐작할 뿐이다.

고려시대에는 고구려의 천문 전통인 무덤(고분) 속에 별그림을 그리는 전통이 전해졌다. 신라에 이러한 전통이 없는 것으로 보아 고려가 표방한 “고구려를 잇는다”라는 정치적인 이념이 확실히 나타나는 사례라 할 수도 있을 것이다. 고려 말 귀족인 권준(權準, 1280-1352)의 무덤 속, 석관의 뚜껑에는 28수를 다 그려 놓았다.³⁸⁾ 경기도 파주군 서곡리에서 발굴된 이 무덤의 천장에 그려진 별자리가 고구려 때 성행했던 무덤 천장의 별자리 그림으로는 그 전통이 마지막으로 나타난 경우로 여겨진다. 여기서 한 가지 짚고 넘어가야 할 흥미로운 사실은 권준이 <천상열차분야지도>를 만드는 데 참여한 권근의 큰할아버지였다는 점이다. 우리는 이 사실에서 고려시대의 천문 전통이 조선에 대물림하는 것을 여실히 볼 수 있다. 고려가 고구려 천문 전통을 이었으므로 조선의 천문 전통은 고구려 천문 전통을 이은 것이 된다.

37) 리용대, 『우리나라 중세과학기술사』(평양: 과학백과사전종합출판사, 1990), 97 쪽; 나일성, 『한국천문학사』(서울대출판부, 2000), 30-33 쪽

38) 권준의 무덤 별 자리 그림에 대해서는, 유경노·박창범, 『한국의 천문도』(천문우주, 1995)를 참조할 것.

4. 조선 초 세종대의 <칠정산> 완성

이로써 조선 초의 천문역산학은 고려 말의 천문도에 이어 조선 초에 만들어져 지금 남아 있는 <천상열차분야지도>(天象列次分野地圖)로 이어진다.³⁹⁾ 1395(태조 4)년에 제작되었다는 권근(權近)의 발문이 남아 있는 이 천문도는 가로 122.8cm, 세로 200.9cm, 두께 11.8cm의 검은 돌에 새겨진 것으로 지금 서울 덕수궁의 궁중유물전시관에 전시되어 있다. 중국에 남아 있는 비슷한 크기와 비슷한 모양의 소위 <순우(淳祐) 천문도>(1241)가 이보다 1세기 이상 더 오랜 것이기는 하지만 그것 말고는 세계에서 가장 오래된 돌에 새겨진 천문도라 할 수 있다.

이 천문도는 위와 아래 두 부분으로 되어 있다. 위 부분에는 지름 76cm의 원을 그리고 그 안에 다시 3중으로 원을 그려 놓고 1467개의 별을 그렸다. 그리고 그 원 둘레 빈 곳에는 여러 가지 천문도의 내용을 설명하는 간단한 설명이 들어 있다. 아래 부분은 먼저 천문도의 한가운데에 큼직하게 이 천문도의 이름 “천상열차분야지도”란 글자가 새겨있다 그리고 그 아래에는 두 단으로 나뉘 위 단에는 당시의 우주관을 설명하는 논천(論天)이 기록되었고, 아래 단에는 이 천문도 작성의 연혁이 설명되어 있다 바로 이 부분이 권근의 글로 되어 있어서 그의 문집에도 남아 있다.⁴⁰⁾

이 글에도 나와 있는 것처럼 조선 초의 우주관은 6가지 대표적인 생각이 있었다고 설명되고 있다. 이들 우주관(論天)은 장형(張衡)의 혼천설(渾天說), 주비(周髀)의 설이라 할 수 있는 개천설(蓋天說), 다음이 선야설(宣夜說), 안천설(安天說), 혼천설(昕天說), 궁천설(穹天說)등이다.⁴¹⁾ 세종대 대표적 천문학 책이라 할 수 있는 이순지(李純之 1406-1465)의 『제가역상집』(諸家曆象集) 첫 부분에도 이에 대한 설명이 있다.⁴²⁾ 이것은 당시의 천문학과 역산학에 대한 여러 가지 측면을 주로 중국 문헌을 조사 정리하여 (1) 천문, (2) 역법 (3) 천문

39) 조선초의 이 천문도에 대해서는 연구논문이 많다. Rufus, 이은성, 박성환, 이용범, 박명순, 박창범, 안상현 등의 논문이 대표적이다. 이 논문들의 전체 제목과 출전, 그리고 중심되는 논점은 다음을 참조하면 좋다. 유경로, “서사쇄록”, 『한국천문학사연구』 (녹두, 1999) 특히 283-291쪽. 이 천문도에 대한 최근의 상세한 별자리 연구로는 박창범, “천상열차분야지도의 별그림 분석”, 『한국과학사학회지』 20-2(1998, 12), 113-149 쪽.

40) 권근, “천상열차분야지도 발”, 『국역 양춘집』; 앞의 주 (4).

41) 간단한 소개로 전상운, 『한국과학기술사』 (정음사, 1975), 30-34 쪽이 있고, 상세한 소개로는 다음을 참고할 수 있다. 이문규, “제3부 천체구조론”, 『고대중국인이 바라본 하늘의 세계』 (문학과 지성사, 2000), 281-351 쪽.

42) 이순지, 『제가역상집』 한국과학사학회 영인본 (성신여대출판부, 1983); 『한국과학기술사자료대계』 (천문학편)에도 들어 있다. 원본은 규장각 등에 남아 있다.

기구(儀象), (4) 해시계와 물시계(晷漏) 등 4부분으로 나눠 소개한 책이다.

1444(세종 26)년 이 책을 편찬한 세종대의 대표적 천문학자 이순지는 책의 끝에 붙인 글(跋文)에서 세종대에 이룩된 여러 가지 천문학 업적을 요약하여 설명하고 있다. 1433(세종 15)년 가을에 세종은 천문역산학의 여러 가지에 주목하여, 천문기구로는 대소(大小)의 간의(簡儀), 일성정시의(日星定時儀), 혼의(渾儀), 혼상(渾象) 등을 제작했고, 해시계로는 천평(天平), 현주(懸珠), 정남(定南), 앙부(仰釜) 등의 해시계(日晷)를 만들게 했다. 또한 크고 작은 규표(圭表)와 여러 가지 물시계(欽敬閣漏, 報漏閣漏, 行漏) 등도 제작했다. 천문 관측을 철저하고, 천문도를 교정했으며, 역법도 교정하여 『칠정산』의 내외편(內外篇)을 지었다.

여기 이순지가 요약해 놓은 것처럼 세종대에는 여러 가지 천문역산학의 발달이 눈부시게 이뤄졌다.⁴³⁾ 세종은 이들 여러 가지 천문 기구를 만들어 경복궁의 경회루 연못 둘레에 집중적으로 배치했는데, 바로 그곳에 대궐 안의 천문관서, 즉 내관상감이 있었기 때문이기도 하다. 물론 대궐 밖에도 관상감이 있었으니, 그 장소는 ‘관상감 고개’(관상감, 즉 서운관 고개라는 뜻에서 운현=雲峴)라 불렸던 지금의 서울 종로구 현대(現代) 본사 자리에 해당한다. 이들 천문 기상 장치들은 내관상감과 외관상감에 함께 설치되어 있었을 것으로 보인다.

그 천문 기구들에 대해서는 『세종실록』을 보면 세종 19년 4월 15일(갑술)에 가장 길고도 상세한 설명이 있음을 알 수가 있다. 하지만 이 설명 이외에도 여러 곳에 설명이 조금씩 나올 뿐 아니라, 그 설명들이 복잡하고 종잡기 어렵기도 하여 그것을 정리해 볼 필요가 있다. 박성래는 이를 포함하여 세종대의 천문학 발달 전체를 몇 갈래로 나누어 정리한 일이 있다.⁴⁴⁾ 이런 순서를 대체로 따라 다시 간략하게 정리해 보자면 다음과 같다.

천문기구 및 시설로 설명되어 있는 대표적인 것들은 (1) 간의, (2) 혼의-혼상, (3) 일구(앙부일구, 현주일구, 천평일구, 정남일구), (4) 일성정시의, (5) 자격루와 옥루, (6) 규표, (7) 측우기와 수표, (8) 천문도, (9) 대각(간의대, 보루각, 흙경각) 등이다. 이들은 거의 모두 중국에서 박수경 등이 제작한 것들을 배워서 만들었던 것으로 보인다. 중국에서의 같은 경우, 또는 관련된 기구에 대해서는 앞에서 이미 다루었으므로 여기서는 세종 때의 발달상을 간단히 정리 해 보자면 다음과 같다.

43) 朴星來, “世宗代의 天文學 발달”, 『世宗朝文化研究(II)』(精神文化研究院1984), 99-153 쪽 이 사실은 널리 인정되어 있어서 많은 참고 문헌이 있다. 심지어 영어로도 유명한 중국 과학사 학자 니덤의 비교적 상세한 연구가 나와 있다. Joseph Needham, Lu Gwei-djen, John H. Combridge, & John S. Major, *The Hall of Heavenly Records: Korean astronomical instruments and clock(1380-1780)* (Cambridge: Cambridge University Press, 1986).

44) 朴星來, “世宗代의 天文學 발달”, 앞의 잡지.

(1) 간의(簡儀)—1432(세종 14)년 세종은 경연 자리에서 예문관 제학 정인지(鄭麟趾)에게 문헌을 조사하여 대제학 정초(鄭招)와 함께 먼저 간의부터 만들라고 명했다. 두 사람은 옛 제도를 조사하여 이를 만들기로 하고, 실제 제작에는 증추원사 이천(李蕝)이 참가했다. 이들이 먼저 만든 것은 나무로 만든 목간의(木簡儀)였다. 실제 관측으로 만족한 결과를 얻어 다시 구리를 부어 제조한 것이 청동제 간의였다. 1432년에 시작하여 늦어도 1437(세종 19)년까지는 모두 완성된 것으로 보인다. 또 1434(세종 16)년에는 운반하여 사용할 수 있는 소간의도 만들도록 지시하여 제작되었다.⁴⁵⁾

(2) 혼의(渾儀) 혼상(渾象)—혼의는 흔히 혼천의(渾天儀)라 하고, 혼상은 흔히 혼천상(渾天象)이라 부르기도 한다. 앞에서도 이미 간단히 소개한 것처럼 원대에는 곽수경에 의해 혼천상이 제작되었고, 혼천의는 그 훨씬 전부터 중국에서는 빈번히 만들어져 사용되었다. 세종대 조선에서는 간의대가 세워진 1437년까지는 이미 경회루 연못의 간의대 서쪽에 혼의와 혼상이 세워져 있었던 것으로 보인다. 간의대 서쪽에는 동표(銅表)를 세우고, 그 바로 서쪽에 집을 지어 그 안에 혼상을 서쪽에, 혼의를 동쪽에 만들어 두었다고 기록은 전한다.

이 혼의와 혼상은 실제 사용하기 위한 장치가 아니라, 전시용이었을 것으로 보인다. 혼의 또는 혼천의의 경우 고려 때까지는 제작되어 사용되었을 것으로 보이지만, 그렇다는 증거는 없다. 또 세종대에도 이보다 앞서 1433년까지는 분명히 다른 혼천의가 제작되었음을 알 수 있다. 따라서 세종대에만도 몇 차례 다른 혼천의가 만들어졌다는 것을 알 수는 있지만, 그것들이 서로 얼마나 다른 것들인지는 지금 증명할 길이 없다.

혼의와 혼상은 그 후에도 여러 기회에 제작되었을 것이 분명하다. 이황과 송시열의 옛 것들이 부분적으로 남겨져 있고 홍대용과 그 같은 시기 여러 학자들도 제작했던 것이 기록에 전해질만큼 혼의나 혼상은 조선시대를 통하여 많은 개인들도 만들어 집안에 두고 완상(玩賞)했었음을 알 수 있다. 혼의와 혼상은 조선시대를 통하여 일종의 지식층의 장난감이었던 셈이다.

혼상 역시 세종대 처음 제작되었을 것으로는 보이지 않지만, 기록은 역시 보이지 않는다. 또 세종대 혼상의 특징은 그것이 물 흐르는 힘을 이용하여 자동식으로 제작되었다는 점이다.⁴⁶⁾

45) 朴星來, “世宗代의 天文學 발달”, 앞의 잡지, 112-114쪽; 『세종실록』 61: 47b (15년 윤 8월 병자), 77: 9a-b (19년 4월말); 『동문선』 50 “소간의명”, 82 “간의대기”.

46) 朴星來, “世宗代의 天文學 발달”, 앞의 잡지, 115-117쪽; 『세종실록』 60: 38b (15년 6월 경인); 61: 24a (15년 8월 신묘); 77: 9b (19년 4월말).

(3) 일구(日晷)(양부일구, 현주일구, 천평일구, 정남일구)—해시계의 경우 고대부터 여러 가지로 제작되고 사용되었을 터이지만, 역시 기록상 전하는 것은 조선 초 세종대의 것이 처음이다. 경주국립박물관에 남아 있는 신라 때의 해시계라는 유물은 그 기능이 명확하지 않고, 그밖에 분명하게 해시계라 기록된 경우가 보이지 않는 것이다. 세종대에는 적어도 4 종류의 해시계가 제작 사용되었다. 그러나 그 가운데 후세에 계속 제작 사용된 경우는 양부일구(仰釜日晷) 한 가지 뿐인 것으로 밝혀졌다.

원 나라 때 중국에서 처음 만든 것으로 여겨지는 곽수경의 양의(仰儀)를 고쳐 해시로 만든 양부일구는 세종대에 처음 발명되어 그 후 조선시대를 통해 계속 제작되고 널리 사용되었다. 조선의 대표적 해시계였던 셈이다. 그 결과 한국에는 지금 제법 여러 가지 양부일구가 전해져 오고 있지만, 중국에서는 양부일구를 만든 일이 없고, 일본에서도 마찬가지로 보인다고 보인다. 특히 세종은 글자 모르는 서민들을 위해 양부일구를 공중 해시계로 만들어 종로의 혜정교(惠政橋) 다리 위(지금의 종로 1가)와 종묘 앞에 세워두기도 했다.

그러나 당시의 그밖의 해시계인 현주(懸珠), 천평(天平), 정남(定南) 일구에 대해서는 유물이 남지 않았을 뿐 아니라 그후 더 제작되었는지조차 분명하지 않다. 자연히 그 상세한 모양과 작용에 대해서도 완전히 밝혀져 있지는 않다. 오늘날 양부일구는 여러 곳에서 다시 만들어 전시되기도 하지만, 다른 해시계의 경우는 영국의 과학사 학자 니덤(Joseph Needham) 등의 연구로 밝혀진 자료를 그대로 인정하여 제작한 것이 조금씩 알려지고 있을 따름이다.⁴⁷⁾

(4) 일성정시의(日星定時儀)—이는 중국에서 제작된 성구(星晷)와 정시의(定時儀)를 참고해서 만들어졌을 것으로 여겨진다. 이 둘에 대해서는 ‘성구정시의’라는 한 가지 장치로 밤에 별자리를 보고 시간을 재는 것이라 해석하기도 하고, 또는 ‘성구’와 ‘정시의’라는 두 가지라고도 해석되고 있다. 니덤은 정시의란 것은 간의의 한 부분이거나, 아니면 성구의 별명일 것이라고 해석하고 있다고 앞에서 이미 소개한 바 있다.

여하튼 세종대 조선에서는 한 가지 장치로 발달했던 것으로 보인다. 해와 별로 시간을 측정하는 장치로서 1437(세종 19)년 4월 완성되었다고 당시 『실록』은 기록하고 있다.⁴⁸⁾ 이 부분에는 김돈(金墩)의 일성정시의에 관한 상세한 설명도 있는데, 그 설명문은 다른 문헌에도 들어 있다.⁴⁹⁾

47) Joseph Needham, Lu Gwei-djen, John H. Combridge, & John S. Major, 앞의 책, pp. 80-92. 朴星來 “世宗代の天文學 발달”, 앞의 잡지, 117-122쪽.

48) 『세종실록』 77: 7a (19년 4월 갑술).

아직 중국의 것과 얼마나 다른지 등은 연구되어 있지 않다. 원래 세종은 처음에 일성정시의를 4개 만들어 관계 기관에 보낸 것으로 밝혀져 있다. 또 보다 간단하여 휴대가 간편한 소형 일성정시의(小定時儀)를 만들어 보급했다는 기록도 보인다.

(5) 자격루(自擊漏)와 옥루(玉漏) —물시계는 신라 때에도 있었음이 『삼국사기』를 통해 드러나지만, 구체적으로 어떤 모양의 것들이 어느 시대 제작되어 사용되었던지 상세한 정보는 남아 있지 않다. 또 조선시대로 들어와서도 몇 차례 물시계가 만들어진 끝에 장영실(蔣英實)의 자동물시계, 즉 자격루(自擊漏)가 제작된 것을 알 수 있다. 세종의 명을 받아 장영실이 이 자격루를 완성한 것은 늦어도 1434(세종 16)년 6월 이전이었다. 그리고 이 물시계가 7월 초하루부터 사용되기 시작했다. 물을 부어주면 그 물이 흘러 내리면서 생기는 힘으로 미리 장전된 쇠알이 굴러내리고, 그 힘으로 그 때 그 때 종, 징, 북이 번갈아 울리며 시패를 든 인형이 나타나게 만든 자동시보 장치였다. 이 시계는 경회루 연못 남쪽에 세운 건물 보루각(報漏閣)에 설치했다.

세종은 이 장치에 감탄하여 장영실에게 더 좋은 장치를 만들도록 지시했고, 그 결과 4년 뒤 1438(세종 20)년 제작된 것이 일종의 천문시계라 할 수 있는 옥루(玉漏)다. 여러 가지 천문 현상이 자동으로 나타나게 만든 이 시계 겸 천문장치는 임금의 침실에서 가까운 옆, 즉 강령전(康寧殿, 또는 千秋殿)의 서쪽에 함경각(欽敬閣)을 세워 설치했다.

이들 역시 중국의 비슷한 장치를 참고했을 것으로 보이지만, 특별히 원대의 광수경과 어떤 관계인지는 밝히기 어렵다. 아마 원대보다는 그 전부터 있었던 물시계와 천문시계 장치들을 광범하게 참고하여 장영실이 제작한 어느 정도 독창적 제작이었을 것으로 보인다. 당시의 문헌조사 결과를 정리해 둔 것으로 보이는 이순지(李純之)의 『제가역상집』에는 여러 가지 중국의 비슷한 경우가 조사되어 포함되어 있다.⁵⁰⁾

(6) 규표(圭表) —세종대의 규표는 원대에 광수경이 만든 중국의 그것을 거의 그대로 흉내 낸 것으로 보인다. 중국에서는 처음으로 규표 높이를 40자로 높여 만든 것으로 보이는데, 세종대 조선의 규표 역시 같은 높이로 제작되었다. 또 그렇게 높은 규표의 경우 가로막대의 그림자가 사라져버려 측정할 수가 없기 때문에 그 그림자를 정확하게 읽을 수 있는 보조장치로 영부(影符)가 필요한 것이다. 영부란 ‘바늘구멍 사진기’(camera obscura)를 가리킨다. 광수경의 고표와 마찬가지로 세종대의 동표(銅表)에는 영부가 달려 있었다. 또 역시 중국의 것과 똑같이 이 장치의 수평을 잡아주기 위해 바닥에 홈을 파고 물을 부어놓아 수평

49) 『동문선』 50, “일성정시의 명병서(銘并序)”; 『동국여지승람』 1: 25a-27b.

50) 朴星來, “世宗代의 天文學 발달”, 앞의 잡지, 126-128쪽.

을 잡기 쉽게 해 주었다.

세종의 규표는 구리로 만들었기 때문에 동표라고도 불리었고, 그 그림자가 떨어지는 곳에 설치한 눈금 부분은 옥(玉)으로 장식했다는 것도 알 수 있다. 동표와 옥규(玉圭)가 한 쌍을 이루어 태양 고도 관측장치로 사용되었음을 알 수 있다. 기록에 의하면 동표는 간의대 바로 서쪽에 세워졌음을 알 수 있다. 얼마나 멀리 서쪽에 세워졌던가는 소상하게 기록되어 있지 않지만, 아마 바로 옆에 세운 것이 아닐까 생각된다. 그렇다면 간의대에 올라 바로 서쪽의 동표 위에 설치한 가로막대를 손으로 조종해 줄 수가 있을 것으로 보이기 때문이다.

또 뒤에 명종대의 기록에 의하면, 1550(명종 5)년에 조선에는 규표가 큰 것과 작은 것 두 가지가 있었음을 알 수도 있다. 큰 것은 세종대의 그것을 복원했을 것으로 보이고, 작은 것은 8자짜리였음을 알 수 있다.⁵¹⁾

(7) 측우기(測雨器)와 수표(水標) —세종대에는 세계 역사상 처음으로 흐르는 강물이나 시내물의 물 높이(水位)를 측정하는 기구로 수표(水標)를 만들어 사용했고 마찬가지로 비가 내리면 그 수량을 측정하는 기구로 측우기(測雨器)도 발명해 사용했다. 이들 장치는 역법 내지 천문학 장치라기보다는 오늘날의 기준으로 기상학 기구라 할 수 있다. 물론 당시로서는 천문과 기상을 구별할 수 없는 형편이었지만, 여기서 상세하게 이들을 소개할 필요는 없을 듯하다. 여하튼 당시의 『실록』이나 그 후의 다른 사료들에 세종대의 측우기에 대해서는 많은 설명이 남아 있다.⁵²⁾

그런데 특히 측우기의 경우 그것은 원래 중국에서 처음 발명되어 한국에 전해준 것처럼 중국의 과학사 책에는 모두 기술되어 있다. 또 그런 중국 역사 서술의 영향을 받아 서양의 과학사 학자들도 측우기를 중국의 발명인 줄로 오해하여 기술하고 있다.⁵³⁾ 이를 바로잡는 노력이 한국인으로서 시급하다고 생각된다.

(8) 천문도(天文圖) —세종대에는 또한 천문도를 돌에 새겼다는 기록도 남아 있다.⁵⁴⁾ 이 기록은 여러 가지 추측을 가능하게 해 주고 있다. 앞에서 이미 소개한 조선초의 천문도 <천상열차분야지도>가 돌에 새겨진 것은 이 때였다는 뜻으로도 보이고, 또는 현재 남아

51) 朴星來, “世宗代의 天文學 발달”, 앞의 잡지, 128-132; 『명종실록』 10: 2a (5년 1월 경진).

52) 朴星來, “世宗代의 天文學 발달”, 앞의 잡지, 132-134 쪽; 『세종실록』 92: 25a (23년 4월 을미), 93: 22a-b (23년 8월 임오), 96: 7a-b (24년 5월 정묘).

53) 朴星來, “測雨器 발명과 中國科學史”, 『外大史學』 7(1997. 2), 463-482 쪽

54) 『증보문헌비고』 2: 31b. 이 기사는 그대로 성주덕, 『서운관지』 3: 10a에도 옮겨져 있다. 이 사실의 가장 오래된 기록으로는 이순지, 『제가역상집』 발문을 들 수 있는데, 이 발문은 『세종실록』 107: 22a (27년 3월)에도 보인다.

있는 석각천문도의 앞면과 뒷면에 조금 다른 천문도가 새겨져 있는 것을 보아 그것이 서로 다른 시기에 새겨졌고, 하나가 바로 세종 때 새겨졌으리라는 상상을 하게도 해 준다.⁵⁵⁾

이 천문도의 설명문에는 “원래 평양에 있었는데, 전란으로 강물에 빠졌다”는 구절이 있다. <천상열차분야지도>는 고구려시대의 별그림을 바탕으로 만들었다는 생각을 뒷받침해 준다. 그리고 현대 천문학자들의 연구 역시 이를 상당히 뒷받침하는 것으로 드러났다.

마침 1998년 3월에 일본의 나라현에 있는 기토라 고분에서는 이와 비슷한 전천(全天) 성도(星圖)가 발견되었는데, 그것은 고구려의 천문도에서 영향받은 것이 아닌가 판단되기도 한다.⁵⁶⁾

이 <천상열차분야지도>는 조선시대 전 기간에 걸쳐 왕실과 민간에 걸쳐 널리 유행한 천문도의 기본이 되었으며, 수많은 탁본과 사본들이 이를 바탕으로 만들어져 널리 보급되었다는 사실이 중요하다. 그러다가, 조선 후기에 이르러 중국을 통해 서양 천문학적 지식이 들어오면서 만들어진 <황도남북양총성도>(黃道南北兩總星圖) 등의 신법 新法 천문도가 그려지고 민간의 학자들이 이를 인용하면서 자신의 자연 철학을 전개하는 등 조선 후기에는 서양 천문학이 영향을 주었다. 그럼에도 불구하고, 민간에 널리 유행한 천문도는 바로 <천상열차분야지도>였다. <천상열차분야지도>는 일본의 근대 천문학에도 영향을 미쳤는데, 일본 최초의 역법인 정향력(貞享曆)을 만든 삼천춘해(澁川春海)가 그린 <천상분야지도>(天象分野之圖)나 <천상열차지도>(天象列次之圖) 등은 바로 <천상열차분야지도>를 저본으로 한 것이다.⁵⁷⁾

(9) 대각(臺閣)(간의대, 보루각, 흙경각 등) — 이들 여러 가지 천문기구를 세우기 위해서는 여러 가지 건조물이 만들어져 사용되었다. 위의 천문 기구들에 관한 기록과 설명에서도 드러나는 것처럼, 간의를 세운 간의대, 자격루를 설치했던 보루각, 옥루를 만들어 장치한 흙경각 등은 그 대표적인 경우라 하겠다. 이들 건조물의 구조와 크기 등에 대해서는 여기서 상세한 논의는 생략한다. 그 자세한 내용이 원전 기록에도 불충분할 뿐 아니라 이를 복원

55) 나는 이 세종 때의 돌에 새긴 기록을 해석하여 돌에 새겨져 있는 지금의 <천상열차분야지도>는 1395(태조 4)년에 그림이 완성되고, 실제 돌에 새긴 것은 1433(세종 15)년이라고 보았다. 朴星來, “世宗代の天文學 발달”, 앞의 잡지, 99-153쪽. 그러나 나의 논문 이후 이 석각천문도에는 앞과 뒤에 서로 다른 천문도가 그려져 있음이 밝혀졌다. 따라서 한 쪽은 1395년에, 다른 면은 1433년에 각기 새겼으리라는 나일성의 해석이 더 근사할 것도 같다. 나일성, 『한국천문학사』 (서울대출판부, 2000), 84-88쪽.

56) <http://www2.gol.com/users/steve/kitora.htm>. Steve Renshaw and Saori Ihara, “Kitora Kofun: A Detailed Astronomical Star Chart in an Ancient Japanese Tomb”(October, 1999)에는 宮島一彦의 연구가 소개되어 있다.

57) 신법천문도에 대해서는 이용범, “범주사 소장 『신법천문도설』에 대하여”, 『역사학보』 31-32(1966)을 참조하고 그 내용은 이용범, 『한국과학사상사연구』 (동국대출판부, 1993), 109-237쪽에 재수록되어 있다.

하기 위해서는 앞으로 여러 가지로 다각적 연구와 함께 실제 기구들을 만들면서 그 필요성을 고려하여 크기 등은 더욱 잘 밝혀져 가게 될 것으로 보인다.⁵⁸⁾

(10) 칠정산—이들 모두가 세종대 천문역산학의 놀라운 발전 모습을 응변해 준다. 그러나 세종대 완성된 가장 대표적인 천문학의 업적으로는 역시 『칠정산』 내외편을 들어야 할 것이다. 앞에서 지적한 것처럼 원 나라의 〈수시력〉은 당시 세계에서 가장 발달된 역법이였다. 고려 말부터 이 역법을 받아들이려는 노력은 계속되었지만 그것이 최종적으로 성공하게 된 것은 세종 때 〈칠정산〉의 완성으로 가능하게 된 것이다. 『칠정산』 내편은 정초(鄭招), 정흠지(鄭欽之), 정인지(鄭麟趾) 등의 작품으로 되어 있으나, 그 실무는 역시 이순지(李純之)와 김담(金淡) 담당이었던 것으로 보인다.⁵⁹⁾ 이순지, 김담의 작품이 규장각에 여럿 남아 있는 것으로 보아 그렇다고 판단할 수가 있다. 그들은 『대통력일통궤』, 『태양통궤』, 『태음통궤』, 『교식통궤』, 『오성통궤』, 『사여전도통궤』(四餘躔度通軌) 등 『대통력일통궤』의 각론에 해당하는 저술을 남겼을 뿐만 아니라, 『칠정산 내편 정묘년 교식가령』(交食假令)도 남기고 있기 때문이다.

이 내편은 명나라와의 정치적 관계에도 불구하고 역원(曆元)은 〈대통력〉의 홍무(洪武) 17년(1384)을 따르지 않고, 원나라의 지원(至元) 17년(1280)으로 하였으며, 〈대통력〉에서 말소했던 세실(歲實)의 소장법(消長之法)을 복구 채택하고 있다. 뿐만 아니라 내편 3권의 체제가 〈수시력〉과 〈대통력〉의 장점을 취하고 단점을 버려서 매우 정돈되고 체계적으로 편찬되어 있다. 중국의 〈대통력〉과 〈수시력〉을 완전 소화하여 재정비한 자주적 솜씨가 뚜렷한 역으로 높이 평가될만하다.

원은 서방의 아랍 역법을 도입하여 보조력으로 사용하였고, 명나라도 이를 한어로 번역 간행하여 사용한 〈회회력〉(回回曆)이 있었다. 세종은 이 역시 이순지 김담에게 우리나라에 맞도록 교정해서 외편(外篇) 5권을 편찬하게 하였다. 내편과 외편 모두 서울 기준으로 계산한 값으로 되어 있다. 이후 내편으로 역 계산을 하도록 하고 외편은 교식 등을 보조로 계산하는 데 사용하게 했다. 한편 〈중수대명력〉(重修大明曆), 〈경오원력〉(庚午元曆)도 이순지와 김담을 시켜 교정 편찬하게 한 것으로 보아 이들 역법도 역시 제3외 보조역으로 교식 등의 후보에 사용하기 위하여 만든 것으로 생각된다.⁶⁰⁾ 이 세종대의 뛰어난 역산학

58) 朴星來, “世宗代의 天文學 발달”, 앞의 잡지, 136-138쪽.

59) 유경로, 『한국천문학사연구』(유고논문집) (녹두, 1999), 19 쪽에 그런 논평이 있다

60) 『칠정산』에 대해서는 이은희의 박사학위 논문이 있다. 이은희, 『칠정산 내편의 연구』(연세대학교 박사학위 논문, 1996).

업적인 『칠정산』은 원래 『세종실록』에 부록되어 남게 되었는데, 『세종실록』을 번역하면서 현대 한국어로 번역되어 있기도 하다.⁶¹⁾

(11) 그밖의 천문학 관련 저술과 천문 기록—이 시기의 천문역산학에 대해서는 역시 이순지가 편찬해 낸 『천문유초』(天文類抄)와 『제가역상집』을 빼 놓을 수 없다.⁶²⁾ 세종대의 천문학 수준을 잘 보여주는 것으로 보이는 『천문유초』는 상하 두권으로 구성되어 있는데, 상권에서는 3원(三垣) 28수(二十八宿)를 차례대로 설명하고 있다. 당시 사람들이 갖고 있던 하늘의 별들의 구성을 설명한 것이다. 하권에서는 천지와 일월성신 그리고 5 행성을 차례로 설명한 다음 서성(瑞星), 유성(流星), 요성(妖星) 객성(客星) 등의 성변과 함께 서기(瑞氣)와 요기(妖氣)까지도 설명하고 있다. 이들 차례만 훑어보아도 우리는 당시의 천문이 지금의 천문학과는 상당히 다른 구조를 하고 있음을 알 수가 있다.

『제가역상집』은 1445(세종 27)년 3월 4권으로 완성되었다고 당시 『실록』은 전한다. 『천문유초』와 비슷한 시기에 쓴 책으로 보이는데, 천문, 역법, 의상(儀象), 구루(晷漏)가 각각 1권씩으로 구성되어 있다. 권1에서 천문학, 권2에서 역법에 관한 중국의 문헌들을 그 내용까지 소개한 것이다. 권3은 천문 기구들, 권4는 해시계와 물시계에 관한 역시 중국의 자료들에 관한 내용이다. 그밖에도 주로 역법의 구체적인 계산법 등을 예시하기 위해 만든 간단한 소책자 등을 중심으로 10여종이 현재 규장각에 남아 있기도 하다.⁶³⁾

이렇게 천문학이 여러 분야에서 발달하고 <칠정산>이 완성된 세종대에는 여러 가지의 천문 기록도 고려 때까지보다는 월등히 많이 기록되어 남아 있다. 그것은 조선초기의 각 임금의 치세를 다룬 역대 『실록』에 상세한 기록으로 남겨진 내용에서 알 수가 있다. 고려 5백년의 역사 역시 『실록』으로 남겨졌지만, 고려의 역대 『실록』은 조선 초에 이미 사라졌던 것으로 보인다. 결국 고려 역사는 한 권의 요약된 책 『고려사』로 남게 되었고 그곳에 실려있는 자연현상의 기록은 약 6,500을 헤아릴 수 있을 뿐이다. 여기에 천문 기록과 그밖의 수많은 지상의 이상 현상까지가 들어 있다.

이에 비하면 태조부터 중종 초까지(1392년부터 1530년대) 약 130여년 동안의 『실록』에서만 필자는 1만개가 훨씬 넘는 재이 기록을 모아 분석할 수가 있었다. 역시 이 가운데 약

61) 『世宗實錄』 156-163권: 『七政算』내편, 외편. 한글판은 『세종장헌대왕실록』 26(칠정산 내편), 27(칠정산 외편) (서울: 세종대왕기념사업회, 1974)이 있다.

62) 한국과학사학회(편), 『천문유초·제가역상집』(성신여대출판부, 1983)으로 영인되었고, 이어 『한국과학기술사자료대계』(여강출판사, 1986) 천문학편 3권, 『칠정산 내편』 4권, 『칠정산 외편』으로도 영인되었다. 『천문유초』는 최근 한학자에 의해 한글판 번역이 나온 일도 있다. 이순지(김수길·윤상철 옮김), 『천문유초』(대우학당, 1998).

63) 朴星來, “世宗代의 天文學 발달”, 앞의 잡지, 107-111쪽.

반수가 천문 기록이다.⁶⁴⁾ 이 정도만으로도 대단히 많은 기록임을 알 수 있다. 하지만 잘 연구해 보면 『실록』에 기록된 천문 기록이 실제 상황을 그대로 나타낸 것이라고는 도저히 생각할 수가 없다. 이 기록은 상당수 가미(加味)된 결과로 남겨져 있음을 알 수 있기 때문이다. 천문 현상이나 지상의 재이는 모두 정치의 잘못에서 비롯하는 현상이라 여겨졌던 때였기 때문에 이들 기록은 당시의 정치 상황을 아주 예민하게 반영하는 수가 많기 때문이다. 그렇다고 천문 현상을 날조하여 없었던 일식, 월식, 혜성, 살벌, 행성의 이상 운동, 햇무리(日暈), 행성의 낮에 보임(星晝見) 등의 이상 현상을 꾸며 낸 것이 아니라 정치적 조건에 따라 때로는 과장되어 기록되거나, 또는 실제 일어났던 현상을 지나쳐 버리는 수가 많았을 것임을 알 수가 있는 것이다. 조사 결과가 보여주는 사실은 자연 현상으로서의 비교적 비슷한 분포를 보여야 마땅할 현상들이 대개 시대에 따라 크게 다른 분포를 보이며 기록되어 남아 있음을 확인할 수 있다. 『실록』에 남겨진 천문 현상의 기록이 실제 상황을 그대로 반영하고 있지 못하다는 것을 뚜렷하게 보여준다.

5. 〈칠정산〉의 그 후

1) <칠정산>에서 <시헌력>으로

1442(세종 24)년 <칠정산>의 완성으로 조선은 중국 역법의 수용에 성공한다. 그리고 그 성공은 오랜 동안 역법에 대한 관심을 떨어뜨렸을 것이다. 역법이 정확성에 대해 염려할 필요가 없어져 버렸기 때문이다. 하지만 역법은 200년 정도만 지나면 저절로 틀려지기 시작하기 마련이다. 게다가 원대 곽수경 등의 <수시력>을 그대로 계승하고 이름만 <대통력>으로 고쳐 사용하던 중국의 역법이 서양 선교사들의 노력에 의해 보다 정확한 새 역법으로 나타났다. 당연히 해마다 적어도 한 차례 중국에 사신을 보내고 역도 얻어 오던 조선은 이 서양식 새 역법에 관심을 가지게 되었다.

1655(효종 6)년 관상감이 역법 전문가를 중국에 보내 서양의 역법을 배워오게 하자고 건의한 것은 이런 사정을 보여준다.

64) 조선 초의 재이 기록과 그 의미에 대해서는 Park Seong-Rae, 앞의 책; 박성래, “한국과학사상사 시험적 서론”, 『과학사상』 35-42(1992 가을-2002 가을)을 참조할 것. 조선 초의 기록에 대한 검토로는 박성래 “전통적 자연관”, 국사편찬위원회(편) 『한국사』 27(국사편찬위원회, 1996), 13-25쪽을 살펴볼 것.

관상감(觀象監)이 아뢰기를, “역서(曆書)를 고치는 것은 왕법(王法)의 급선무입니다. 역법(曆法)이 오래 되면 차이가 나므로 수시로 개정하니, 1백 년이 지나도 수정하지 않는 것은 없습니다. <수시력>(授時曆)은 이미 3백 년이 지나서 천문에 어그러지는 증험이 많이 나타나므로 송정 초(崇禎初)에 비로소 서양의 역법을 구하여 여러 해 시험하면서 그 논설이 정밀한 것을 살피어 제가(諸家)의 허술한 것을 한결 새롭게 변모시켰는데, 이따금 이의하는 자가 있었으나 다들 그 까닭을 지적하여 말하지 못했습니다. 일찍이 성상의 하교에 따라 술관(術官) 김상범(金尙範)을 북경에 두 번 보내어 그 방법을 배워 오게 하였는데 중도에서 병으로 죽었습니다. 역법에 정통한 자를 다시 가려서 사신의 행차에 딸려 보내소서” 하니, 그대로 따랐다.⁶⁵⁾

사실은 중국에서는 이미 1601년 이탈리아 출신의 예수회 선교사 마테오 리치(利瑪竇 1552 -1610)가 북경에 자리잡고 선교를 시작하면서 서양 과학의 영향이 상당히 미치기 시작했고, 특히 전통적 동양천문학과 체계가 틀리면서 막 발달하기 시작한 서양의 천문학은 중국에 큰 영향력을 행사하기 시작했다. 특히 일식 예보에서 서양식이 훨씬 정확한 것이 밝혀지면서 서양 선교사=천문학자들은 중국의 천문학을 주도하기 시작했다. 결국 오랜 노력 끝에 조선은 중국으로부터 서양식 역법인 <시헌력>을 수용하게 된다.⁶⁶⁾

명 나라 말기에 중국에 와서 활동하기 시작한 아담 샬(湯若望 1592-1666)등은 이런 배경 속에서 새로운 서양식 역법 『송정역서』(崇禎曆書)를 편찬하였으나 정치적 혼란 속에서 시행을 보지 못하고 명나라는 멸망하였다. 청나라가 들어서자 순치 원년(順治 元年, 1644)에 탕약망은 『송정역서』를 재정리한 『신법서양역서』(新法西洋曆書)를 시행할 수 있게 되어 그 다음 해부터 실시하였다. 이것이 곧 <시헌력>이다.

이를 알게된 조선에서도 아주 일찍부터 <시헌력> 도입에 열성이었다. 중국에서 그것이 시행되던 때 이미 관상감 제조 김육(金堉)은 <시헌력> 도입을 건의하였고, 1665년 소현세자(昭顯世子)는 청에서 귀국하면서 탕약망으로부터 기증받은 천문역법의 서적을 가지고 돌아왔다. 그 천문서가 무엇이었던지 아직 알 수 없으나 새로운 서양 천문학서가 포함되었을 것은 짐작하기 어렵지 않다. 1646년에는 김육이 연경(燕京)에 가는 길에 김상범(金尙範) 등 역관(曆官) 2인을 대동하여 시헌력법을 배우게 하려 했으나, 청 나라의 천문관서인 흠천감(欽天監)의 비밀주의 때문에 탕약망을 만나지도 못하고 역법 계산의 기술을 습득하지 못한 채 역서만 사 가지고 돌아왔다.

그 뒤 1651(효종 2)년에도 다시 김상범을 중국에 보내어 역법을 배워오게 하여 1653(효

65) 『효종실록』, 36 집 1 면(6/1/16 신축).

66) 시헌력의 수용에 관해서는 鄭誠禧, “IV. 시헌력의 도입과 영향”, 『朝鮮後期の宇宙觀과曆法』(한국정신문화연구원 박사학위논문, 2001), 70-110쪽을 참조할 것.

중 4)년부터는 조선에서도 〈시헌력〉을 시행하게 되었다. 일단 〈칠정산〉의 시대가 가고 서양식 천문학의 영향을 받아 새로 만들어진 〈시헌력〉의 시대가 열렸다. 그러나 그것은 온전한 역법 수용은 아니어서 오성법(五星法)에 관한 입성(立成) 수치 계산표를 얻지 못하여 오성의 계산은 그대로 〈칠정산〉의 방법을 따랐다고 되어 있다. 1655(효종 6)년에도 다시 김상범을 연경에 보냈으나 도중에 그는 거둬되는 중국 왕복 과정에서 아마 건강을 해쳤던 것 같다. 그는 뜻을 이루지 못한 채 죽었다. 위에 인용한 1655년 『효종실록』의 기록은 바로 시 시점의 상황을 알려주고 있다. 이미 〈시헌력〉을 도입하여 실시하고 있었으나 아직도 제대로 이해하고 해결하지 못하는 문제가 몇 가지 남아 있었음을 알 수 있다.

그 뒤 얼마 동안 청나라에서는 〈시헌력〉에 대한 반대론이 일어서 일시 이를 폐지한 일도 있었으나 다시 복구되었다(1665-1669). 이 동안에는 조선에서도 〈시헌력〉의 구체적 기술 도입이 지지부진했던 것으로 보인다. 그러다가 1705(숙종 31)년에 관상감원인 허원(許遠)을 중국에 파견하여 〈시헌력〉의 칠정표(七政表)를 얻어오게 되었고 이후 3년에 걸쳐 이를 연구하여 1708년부터는 역계산을 모두 새 방식인 〈시헌력〉법에 의하게 되었다. 김육의 〈시헌력〉시행 건의로부터 실로 60여년이 걸려서 거의 완전히 소화, 실시하게 된 셈이다. 그러나 그 뒤에도 연근법(年根法)에 대해 미심한 부분이 남아서 서신을 통하여 중국의 흠천감 천문학자들에게 질문을 한 일도 있었고, 허원을 다시 북경까지 보낸 일도 있었다.

중국에서는 하국종(河國琮)·매각성(梅穀成) 등이 『신법서양역서』의 단점을 보완, 정비하여 1721년에 『역상고성』 상하편을 완성시켰다. 이는 역원(曆元)을 강희 23(1684년으로 잡은 것인데, 그 뒤 옹정(雍正)초에 서양인 대진현(戴進賢, I. Koegler)·서무덕(徐懋德, A. Pereira)이 일전월리표(日纏月離表)를 교정하여 보완하였다. 조선에서는 먼저의 시헌력법, 즉 탕법(湯法)을 버리고 이 『역상고성』의 매법(梅法)을 따를 수밖에 없었다. 매법은 탕법과 크게 차이나는 것이 아니었으나 계산에서 24기(氣) 합삭현망(合朔弦望)이 실제와 맞지 않아서 관상감원을 여러 차례 중국에 파견하였다. 『역상고성』의 도입에는 그것과 함께 3부작을 구성하는 『수리정온』(數理精蘊), 『율려정의』(律呂正義)도 도입되었다. 이들 세 가지 책을 아울러 『율력연원』(律曆淵源)이라고도 한다. 『수리정온』은 역법을 위한 수학을 총망라한 책으로서 〈시헌력〉에 의한 역법의 계산에 기초가 되었다. 이 시기에 새로운 서양식 역법의 도입에 조선의 천문학자들이 크게 어려움을 겪었던 것은 그것(시헌력)이 그들에게는 전혀 새로운 서양 천문학의 전통을 바탕으로 하고 있었기 때문으로 보인다. 아직 지동설을 근거로 한 근대천문학은 아니면서도 당시 서양 선교사들이 사용한 천문학 지식은 고대의 톨레미(Tolemy 多祿某)에서 16세기의 티코 브라헤(Tycho Brahe 第谷)까지에 발달한 동아

시아 전통과는 근본적으로 다른 천문학 체계였기 때문일 것이다.⁶⁷⁾

그 뒤 중국에서는 1742년에 흠천감의 감정(監正) 및 부정(副正)이었던 서양인 대진현·서무덕 등이 프랑스의 천문학자 카시니(Cassini, 噶西尼)의 관측치와 케플러(Kepler, 刻白爾)의 행성운동법칙을 도입하여 『역상고성』 후편을 편찬하였다. 이는 행성의 타원궤도를 처음으로 중국 천문학에 도입한 것으로 이 점에서 매법과는 현격한 차이가 있었다. 조선에서는 또 다시 이 대법(戴法) 또는 갈법(噶法)을 도입 시행하여야 하였다. 1741(영조 17)년과 1744(영조 20)년에는 중국에 간 역관 안국린(安國麟), 변중화(卞重和), 안명열(安命說), 김정호(金挺豪), 이기흥(李箕興)과 황력재자관(皇曆賁咨官) 김태서(金泰瑞, 또는 兌瑞) 등이 서양 선교사들과 접촉하여 여러 가지 계산기술을 배우는 책들을 받아오고, 『역상고성』 후편도 한 질을 사올 수 있었다.⁶⁸⁾ 이렇게 구해온 새 역법을 관상감 천문학자들이 연구하여 다시 새로운 대법의 시행을 보게 되었다. 그러나 대법은 일전과 월리에만 국한되어 있었으므로 일전(日纏)과 월리(月離)와 교식(交食)만 대법에 따르고, 오성의 계산은 여전히 매법에 따랐다.

이런 과정을 거쳐 1782(정조 6)년에는 시헌법에 의한 <천세력>(千歲曆)도 간행을 보게 되었다. 왕명에 의하여 관상감에서 편찬 간행한 이 역서(曆書)는 1777년부터 100년간의 역을 계산하여 편찬하였다. 이 역은 10년마다 다시 10년씩의 역을 추가 보충하도록 한 것으로, 1772(영조 48)년에 간행한 <칠정백중력>(七政百中曆)을 확충한 것이다. 이렇게 <천세력>을 매 10년마다 추가 계산하여 나가면 1만년에 걸친 역서를 한 책에 수록할 수도 있어 1904년에는 그 이름을 <만세력>(萬歲曆)으로 고쳐 발간하기도 했다.

그러나 이 때에는 이미 개국 이후 그 시대 나름의 근대화 노력 때문에 1896년 1월 1일부터 태양력을 채택하게 되었다. 고종 31(開國 505)년 을미 11월 17일을 건양(建陽) 원년 1월 1일로 정한 것이다.⁶⁹⁾ 이처럼 세종대에 원의 <수시력>이 도입 소화되어 <칠정산>으로 발전된 뒤에도 조선의 천문학은 끊임없이 중국의 그것을 관찰하여 필요한 새로운 것은 수용하기에 힘썼음을 알 수 있다. <칠정산> 다음으로 가장 뚜렷한 새 역법의 도입은 물론 1653년의 <시헌력> 시행을 들 수 있지만 그 후에도 이 역법을 보다 잘 이해하고 시행하려는 노력으로 역법 배우기는 계속되었고, 또 그런 천문학 학습과정은 끊임없이 이어져 내려왔다.

67) 유경로, 앞의 책, 187쪽에 이런 의견이 있다. 또한 兪景老 “천문학”, 『한국민족문화대백과사전』 21 권 821-829쪽을 참조할 수가 있다.

68) 『증보문헌비고』 1:9a-b, 권 1, 상위고.

69) 이은성, 『역법의 원리 분석』(정음사, 1985), 38, 340쪽.

2) 천문 의기의 재정비 및 관측

역법 그 자체는 중국에서 서양식의 <시현력>이 새로 확립되자 이를 도입하는 과정으로 설명할 수 있지만, 천문 관측에 대한 관심은 임진란 이후 바로 다시 일어났다. 그것은 세종대에 특히 발달해 제작되었던 많은 천문기구들이 전란에 모두 파괴되었기 때문이었다. 왜란이 끝나자 바로 1601(선조 34)년에는 영감사(領監事) 이항복(李恒福)에게 명하여 천문 기구들을 다시 고쳐 만들게 한 것은 이를 보여준다. 이항복은 우선 만들기 어려운 물시계(漏器), 간의, 혼상부터 복구하고, 그밖의 규표, 혼의, 앙부일구, 일성정시의 등의 기구는 미처 만들지 못하였다.⁷⁰⁾

또 1657(효종 8)년에는 혼천의를 만들게 하였다. 이보다 먼저 홍처윤(洪處尹)이 혼천의를 만들었으나 도(度)가 맞지 않는 곳이 많아서 이번에는 김제 군수 최유지(崔攸之)를 시켜서 만들게 하였는데, 이것은 물의 힘으로 스스로 돌아가게 한 것이었다. 1664(현종 5)년에는 효종 때에 최유지가 만든 혼천의가 고칠 곳이 있다 하여 송이영(宋以穎)과 이민철(李敏哲)을 시켜서 이를 개조하게 하여 이를 궁중에 놓았다. 1669(현종 10)년에 채주(祭酒) 송준길(宋浚吉)의 청에 따라 이민철로 하여금 다시 혼천의를 만들게 하였는데 이는 물의 힘으로 자동하는 장치였다.

이와는 달리 송이영이 만든 혼천의는 서양의 자명종(自鳴鐘)식의 톱니바퀴를 써서 자동으로 가게 한 것이었다. 그는 북경을 통하여 전래된 서양의 시계기술을 혼천의 제작에 활용하여 수력이 아닌 추(鍾)에 의한 자동 혼천의를 만들었던 것이다. 이것은 현재 고려대 박물관에 남아 있는 국보 ‘혼천시계’인 것으로 여겨진다. 1704(숙종 30)년에도 감관 안중태(安重泰)와 이시화(李時華)가 부건(副件) 혼천의를 만들었다. 숙종 때에는 또 국초에 만든 석각천문도가 마모되었기에 새로이 천문도를 돌에 새겼다. 이것이 현재 보물로 지정되어 전해지고 있는 ‘천상열차분야지도 각석’이다. 1723(경종 3)년에는 서양의 것을 모방하여 문신종(問辰鐘)을 제작하였다. 1732(영조 8)년에는 숙종 때 만든 부건 혼천의가 오래되어 차이가 나므로 안중태 등을 시켜 중수하게 하여 규정각(攄政閣)을 지어서 그 속에 안치하였고, 1770(영조 40)년에는 국초의 석각천문도가 경복궁에 방치되어 있는 것을 거두어서 관상감으로 옮겨서 숙종 때 새로 만든 석각천문도와 나란히 함경각 속에 보관하게 하였다. 영조조에는 또 1708(숙종 34)년에 관상감에서 올린 탕약망의 <적도남북총성도>(赤道南北總星圖)를 본떠서 새로이 이와 같은 천문도를 만들었는데, 이는 현재 법주사(法住寺)에 보

70) 成周惠, 『書雲觀志』 3: 24b-25b 故事.

관되어 있는 ‘신법천문도’이다. 1777(정조 1)년에 제조 서호수(徐浩修)가 관장하고 감관(監官) 이덕성(李德星) 등이 함께 규정각의 혼천의를 중수하였으며, 1789(정조 13)년에는 감관 김영(金泳) 등이 적도경위의(赤道經緯儀)와 지평일구(地平日晷)를 주조하여 올리고 부건은 관상감에 설치하였다.⁷¹⁾

이상은 조선 후기에 제작된 천문 기구들의 대강만을 소개한 것이다. 국가에서 제작한 것 이외에 개인이 제작한 것으로도 홍대용(洪大容)의 농수각(籠水閣)에 설치하였던 통천의(統天儀), 혼상의(渾象儀), 측관의(測管儀), 구고의(勾股儀) 등이 기록상 남아 있고, 19세기 초에는 남병철(南秉哲)이 저술한 『의기집설』(儀器輯說) 등에 혼천의 이외에 혼개통헌의(渾蓋通憲儀), 간평의(簡平儀), 험시의(驗時儀), 적도고일구의(赤道高日晷儀), 혼평의(渾平儀), 지구(地球儀), 구진천추합의(句陳天樞合儀), 양경규일의(兩景揆日儀), 양도의(量度儀) 등에 대한 해설과 그림 등이 전해진다. 이로 보아 이러한 의기(儀器)의 적어도 일부는 조선시대 말기에 이르기까지 계속하여 제작되었을 것으로 보인다.

그런데 이들 천문기구를 가지고 어떻게 실제 관측했고, 또 그 결과를 기록해 남겼는지는 아직 연구되어 있지 못하다. 그런 대로 역법의 기초가 되는 한양의 위도와 경도, 즉 북극고도(北極高度)와 연경을 기준으로 한 동서편도(東西偏度)를 결정한 기록은 남아 있다. 세종조에 역관 윤사웅(尹士雄), 최천구(崔天衢), 이무림(李茂林) 등을 각각 강화의 마니산, 갑산(甲山)의 백두산, 제주의 한라산에 보내어 그곳의 북극고도를 측정하였다.⁷²⁾ 이런 관측 결과는 당시의 관상감일기(觀象監日記)에 기록해 남겼을 것이 분명하지만, 당시의 관상감일기는 지금 남아 있지 않다. 마찬가지로 세종대에만도 일식 때에는 삼각산에 관측대를 파견했고, 동지에도 같은 곳에 태양관측을 한 기록이 있다. 어느 기록도 당시의 것이 지금 남아 있지는 않다.⁷³⁾

조선시대의 천문학사에서 특이한 경우로는 1713년(숙종 39)에 청나라의 목극등(穆克登)이 사력(司曆) 5인과 함께 와 백두산 국경을 정하기 위해서 실시했던 천문관측 사실을 들 수 있다. 하국주(河國柱)가 상한대의(象限大儀)를 가지고 한양의 북극고도를 측정한 결과 서울 종각에서의 북극고도가 37°39'15"였다.⁷⁴⁾ 지금의 서울 북위(北緯) 값과 거의 같은 것을 알 수 있다.

71) 같은 책, 3: 25-58 故事; 『增補文獻備考』 3: 1a-9a 儀象.

72) 『國朝曆象考』 1: 5b.

73) 朴星來, “세종조의 천문학 발달”, 앞의 잡지, 139-140쪽.

74) 成周惠, 『書雲觀志』 3: 45b-46a 故事.

고려 때에는 원나라에서는 개성의 북극고도를 측정한 값이 38도 4분의1이라고 정하여 <수시력>에 기록하고 이를 근거로 삼았다. 이 값은 원주를 365°25'로 한 계산이므로 지금의 원주 360도로 환산하면 37°41' 남짓이 되어 위의 한양 북극고도와 비슷하다. 그리고 이 값이 조선초 조선의 학자들이 인용하던 서울의 북극고도 값이었다. 1791년(정조 15)에는 한양의 북극고도의 값을 기준으로 하고, 8도의 관찰(觀察) 소재지의 위도를 결정하였다는 기록이 있다. 그 값은 관북(關北, 咸興) 40°57', 관서(關西, 平壤) 39°33', 해서(海西, 海州) 38°18', 관동(關東, 原州) 37°6', 호서(湖西, 公州) 36°6', 영남(嶺南, 大邱) 35°21', 호남(湖南, 全州) 35°15' 등이다. 또한 위의 각 지역의 한양을 기준으로 한 동서편도도 같이 기록되어 있다. 그 값은 관북 편동(偏東) 1°, 관서 편서 1°15', 해서 편서 1°24', 관동 편동 1°3', 호서 편서 9', 영남 편동 1°39', 호남 편서 9'이다.⁷⁵⁾

이 값은 조선측의 자료에만 나오는 것이 아니라 중국의 『역상고성』 등에도 기록되어 있으나, 그 값이 언제 누구에 의해 관측된 값인지는 밝혀져 있지 않다. 기록상 남아 있지 않지만 천문 관측은 고려 이후 계속되었고, 그 결과로 얻은 값이 이렇게 부분적으로 남아 있다고 여겨진다.

3) 일본에 전해진 <칠정산>

또 이 천문역산학 발달은 그 후 2세기 뒤에 조선의 사신 박안기(朴安期 1617-?)에 의해 일본에도 전해진 것이 밝혀져 있다. 1281년 중국에서 완성된 <수시력>은 1442년 조선에서 <칠정산>으로 변형 정립되었고, 그것은 다시 1682년 일본에서 <정향력>(貞享曆)으로 자리 잡은 것이다. 그러면 조선에서의 발달이 일본에 전해진 과정은 어떠한 것이었던가?

한국에 이 사실이 알려지기 훨씬 전부터 일본 과학사는 이미 박안기가 일본에 칠정산을 알려주었음을 기록하고 있었다. 예를 들면 길전광방(吉田光邦)의 『일본과학사』(日本科學史)에는 이렇게 기록되어 있다.

관영(寬永) 20년에는 조선의 용나산(容螺山)이 내조(來朝)했는데, 경도(京都) 사람 강야정현정(岡野井玄貞)은 그로부터 수시력법(授時曆法)을 공부했다. 수시력은 원(元)의 곽수경(郭守敬) 등이 세조(世祖)의 명을 받아 편찬한 것인데, 1281년부터 87년 동안 시행된 것으로 실제 관측을 중시하여 관측 결과를 충분히 활용함으로써 1태양년을 365.245일(日)로 정할 수 있게 된 아주 우수한 역(曆)이었다. 이 수시력을 연구하여 이에 바탕을 둔 새 역법을 만든 사람이 삼천춘해(澁川春海)였다. 그는 강야정현정으로부터 수시력법을 배운 후 1659년에는 이를 근거로 각지의 위도를 측정했다.⁷⁶⁾

75) 成周惠, 『書雲觀志』 3: 59b-60a 故事

또 중산무(中山茂)교수의 『일본의 천문학』(日本の天文學)에도 같은 내용이 담겨져 있음을 발견하게 되었다.

1643년 조선의 손님 나산(螺山)이란 인물이 강호(江戶)에 와서 역학에 관해 강야정현정과 토론했다는 말이 『춘해선생실기』(春海先生實記)에 보인다. 춘해는 바로 이 현정으로부터 역학을 공부했던 것이다. 나산이 어떤 내용을 전해준 것인지는 알 수 없지만 조선에는 15세기 천문학의 최성기에 『칠정산』(七政算) 내편(內編)을 낸 바 있는데 이는 수시력 연구의 뛰어난 텍스트로 꼽히고 있다. 명말(明末)에는 중국의 역산학 전통이 어느 정도 쇠퇴한 다음이었으므로 당시 조선에서 역산학을 배우려던 태도는 올바른 선택이었다고 보인다.⁷⁷⁾

비슷한 애용은 이미 『일본인명대사전』, 『일본역사대사전』, 『국사대사전』 등 일본의 큰 사전류에는 모두 이 사실이 기술되어 있다. 다만 대체로 그의 이름이 ‘용나산’이라 되어 있는 잘못을 보일 뿐이다. 앞의 인용에서 중산무가 지적한 것처럼 그의 호는 ‘나산’이었고, 이름은 박안기이다.

이 사실 발견 이후 일본 학자의 도움으로 필자는 그가 일본에 있는 동안 당대 일본의 대표적 유학자로 유명한 임나산(林羅山 1583-1657)과 몇 차례 필담한 기록을 임나산의 문집에 남기고 있기도 하다. 그들의 대화에 의하면 당시 박안기는 36세라고 밝혀져 있어서 그의 출생년이 1608(선조 41)년쯤임을 알게 해 준다. 그러나 그가 과거에 급제한 당시의 문과방목(文科榜目) 기록으로는 그는 1617년생으로 인조26년(1648년) 정시(庭試)에 병과 7로 합격한 것으로 되어 있다. 본관이 밀양이고, 아버지는 박희현(朴希賢), 할아버지는 박효원(朴孝元)이라 되어 있다.

박안기는 1643년 조선통신사 일행 462명 가운데 네 번째 고위직인 독축관(讀祝官)으로 일본에 갔다. 통신사 일행이 강호(江戶: 지금의 동경)에 있는 동안 일본 경도(京都)의 천문학자인 강야정현정(岡野井玄貞)이 열흘 동안 그를 찾아와 역법을 배워갔다. 그리고 그의 제자인 삼천춘해(澁川春海)는 이 지식을 바탕으로 연구를 계속하여 일본에 맞는 최초의 역법을 완성하였는데 이것이 1683년 채용된 <정향력>이다. 이 사실은 이 천문학자의 전기인 『춘해실기』(春海實記)에 기록되어 일본 역사에 남게 되었다. 일본에는 박안기의 유적이 상당히 남아 있는데, 정강현(靜岡縣) 청수시(清水市)의 청견사(淸見寺)에는 그가 써준 현판 ‘瓊瑤世界(경요세계)’가 2층 종루에 걸려있고, 이 절의 경치를 노래한 친필 시도 남아

76) 吉田光邦, 『日本科學史』(講談社, 1976), 215 쪽

77) 中山茂, 『日本の天文學』岩波新書 837(岩波, 1972), 48쪽.

있으며, 그의 글은 일본의 다른 곳에도 남아있는 것으로 밝혀져 있다.

그러나 그의 이름은 이들 일본 역사책에 대개 용나산(容螺山)으로 잘못 된 경우가 많다. 『일본역사 대사전』, 『일본인명대사전』 등에도 모두 용나산으로 되어 있는데 이는 1940 년 처음 발표된 삼천춘해의 연구서에 그의 이름이 조선의 용나산이라 잘못 인쇄되었기 때문이다. 원래 ‘조선의 손님 나산(朝鮮の客螺山)’이라 쓰여진 것이 1940 년의 연구서에서부터 ‘조선의 용나산(朝鮮の容螺山)’으로 ‘客’자가 ‘容’자로 잘못 옮겨쓰기 시작하여 대부분의 일본 문헌이 용나산을 그의 이름인 듯이 잘못 쓰게 된 것이다.⁷⁸⁾

일본 천문학사에 그 이름이 빛나는 삼천춘해는 1670년 ‘천상열차지도’(天象列次之圖)라는 천문도를 그려 남기기도 했다. 그는 “내가 본 천문도 가운데에서 1395년 조선에서 만든 ‘천상열차분야지도’가 가장 정확하다”고 기록했다. 그는 바로 조선의 천문도를 바탕으로 그의 천문도를 그렸던 것이다. 그는 단지 <칠정산>의 어떤 부분인가를 조선의 학자의 지도 아래 연구하여 터득하게 된 것만이 아니라 당시 조선의 천문학을 주의깊게 연구하고 따라가고 있었음을 알 수 있다. 이런 과정을 통해 세종 때 만든 천문계산법 <칠정산>은 2세기 뒤 일본에 전해져 <정향력>으로 다시 탄생한 것이다.

중국에서 원대에 발달한 천문역산학은 곽수경의 수시력으로 대표되고 그에 따른 많은 천문기구들이 발달되었다, 그리고 그것들은 상당 부분 그대로 고려 말부터 이 땅에도 도입되기 시작하였고, 그 결과 조선초 세종대에는 많은 천문기구가 제작 사용되기에 이른다. 그리고 그 절정으로 1442년 조선에 맞는 역법으로 <칠정산>을 완성할 수 있었고, 그것은 다시 2세기 뒤에 일본에 전해져 일본 천문학사에 이름을 길이 빛내는 삼천춘해의 <정향력> 완성으로 이어졌다.

78) 박성래, 『한국인의 과학정신』(平民社, 1993), 41-47쪽.

◇ 종설

20세기 과학연구의 지형도: 미국의 대학과 기업을 중심으로

홍 성 욱

토론토대학교 과학기술사철학과

20세기 과학사에서 가장 흥미로운 현상 중 하나는 과학연구를 수행하는 주체가 대학, 기업, 그리고 정부로 확산되었다는 것이다. 과학연구는 19세기에 독일대학을 선두로 각국의 대학에 확산되었고 19세기 말엽 - 20세기 초엽의 기간 동안에 대학에 서서히 정착했다. 연구가 대학에 정착하던 무렵, 화학산업과 전기산업을 시작으로 대기업들은 자체 내에 연구소를 설립하고 과학자들을 고용해서 연구를 시켰을 뿐만 아니라 그 중에는 기초연구(fundamental research)를 지원하는 곳도 등장했다. 지도 제작과 같이 행정에 필요한 과학 연구를 부분적으로 지원하던 정부는 20세기에 들어와 대학과 기업의 연구를 지원하는 정책을 만들고 예산을 분배하기 시작했으며, 더 나아가 정부 조직 내에 연구소들을 확장해서 연구를 제도적으로 정착시키는 데 중요한 역할을 담당했다.¹⁾

과학연구가 대학, 기업, 정부에 의해 수행된다는 과학연구의 지형도는 21세기에 접어들어 지금에도 달라진 것이 없어 보인다. 그렇지만 조금 자세히 살펴보면 지금은 이 각각의 연구 주체가 20세기 초엽과는 다른 형태로 과학연구를 수행하고 또 지원하고 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 기업이 아직도 과학을 전공한 과학자들을 고용하고 이들에게 연구개발과 관련된 임무를 부여하는 것은 그대로이지만, 이제는 많은 기업이 기초연구가 아닌 응용연

1) 20세기 과학연구의 역사에 대한 국내 저술로는 송상용 저, 『서양과학의 흐름』(강원대학교 출판부, 1990), 제24장 “20세기 과학기술혁명”, 김영식, 임경순 저, 『과학사 신론』(다산출판사, 1999)를 참조

구와 개발에 초점을 맞추고 있다. 기초연구의 장기적인 경제적 효과를 기대하고 이를 아낌없이 지원하는 기업은 이제 찾기 힘들다. 그렇다면 대학의 기초연구에 더 많은 지원이 이루어져야 할텐데 이 역시 그렇지 않다. 미국의 예를 보면 국가의 전체 연구비 중 대학의 기초연구를 지원하는 정부의 비율은 지난 20년 간 서서히 감소했으며 대학은 정부의 예산 감소를 보충하는 재원으로 점점 더 많은 연구비를 기업에게서 받거나 대학 스스로가 “유사기업”(quasi-firm)화하고 있다. 이 글을 통해 보이겠지만 미국의 경우 대략 1960년대 후반까지 대학, 기업, 정부가 기초과학의 기술적, 경제적 파급효과를 신뢰하고 이에 대한 지원을 아끼지 않았지만, 그 이후에는 이런 믿음에 조금씩 균열이 생겨서 1990년대 이후에는 생산성과 경쟁력을 가시적으로 높이는 방향으로 연구를 지원하는 정책 변화가 이루어졌다.

본 논문은 이와 같은 최근의 변화를 이해하기 위한 역사적 배경을 제시하기 위해서 쓰여졌다. 한국에서도 최근 몇 년 사이에 대학의 역할을 가름하는 중요한 이념으로 ‘경쟁력’을 강조하고 있으며, 연구지원을 비롯한 과학기술정책도 경쟁력의 잣대가 쓰이고 있다. 이에 대해서는 찬반이 분분한데, 무엇보다도 이러한 최근의 변화가 과학기술 연구 지형의 구조적인 변화에 기인한 것인지 아니면 행정가와 정치인의 ‘몰이해’에 기인한 것인지를 제대로 평가하기 위해서는 이 주제에 대한 역사적 이해와 이에 근거한 평가가 필수적이다. 세 개의 소절로 구성된 본 논문은 다음과 같은 구조를 가지고 있다. 첫 번째 절은 19세기부터 20세기 중엽까지 대학과 기업에서의 과학 연구의 정착을 살펴보고 있으며, 두 번째 절은 2차 대전부터 1960년대 말엽까지의 과학연구의 ‘황금기’를 분석하고 있다. 마지막 절은 1970년대부터 지금까지의 시기를 다루고 있으며, 결론에서는 이에 근거해서 우리가 발견할 수 있는 함의를 제시할 것이다. 대학, 기업, 정부라는 주체와 관련해서 20세기에 과학연구의 전형을 만들었던 나라는 미국이라고 할 수 있기 때문에, 이 논문은 미국에 초점을 맞추고 있다.

1. 대학과 기업에서의 과학연구의 정착: 19세기에서 20세기 중반까지

대학에서 과학연구가 정착된 것은 강의와 연구의 자유라는 휴머니즘의 이념에 근거해서 훔볼트(Wilhelm von Humboldt)가 설립한 베를린 대학(1810)으로 거슬러 올라간다. 베를린 대학에서는 신학, 법학, 의학과 같은 기존의 학부 대신에 철학학부가 대학의 중심이 되었고 대규모 강연이 아닌 소규모 세미나가 정착됐다. 그렇지만 이념의 차원이 아니라 실질적으로 성공적인 과학연구의 모델을 정착시킨 예는 독일의 기슨 대학의 화학자 리비히(Justus

Liebig)와 쾨니히스베르크 대학의 수리물리학자 노이만(Franz Neumann)이었다. 리비히는 실험실에서의 유기화학 실험을 통해 학생들을 교육하면서 교수-학생과의 공동연구를 통해 수많은 새로운 연구업적을 발표했으며, 노이만은 전자기학과 오차이론에 관련된 연구 주제를 놓고 학생들과 토론을 하는 세미나를 통해 역시 중요한 업적은 물론 독일의 차세대 물리학자들을 배출했다. 이들의 실험실 세미나 모델은 당시 나폴레옹 전쟁 이후 독일적인 것을 강조하는 지적 분위기 속에서 성장한 철학학부, 훔볼트와 피히테의 전일 학문이념(Wissenschaftsideologie), 지방 대학들 사이의 경쟁, 연구업적이 우수한 교수를 임용한다는 프러시아의 정책, 야심있는 젊은 연구자들을 사강사(Privatdozent)로 유인할 수 있다는 학내의 구조와 같은 몇 가지 요소가 맞물린 상황에서 독일 대학 전역으로 확산되었다. 19세기 초엽까지만 해도 헤겔, 셸링의 낭만주의적 '자연철학'(Naturphilosophie)이 득세하던 독일에서 불과 두세 세대만에 생리학, 물리학, 화학, 심리학의 연구가 유럽의 다른 나라들을 제치고 두각을 나타내기 시작한 것은 대학과 교수들 사이에 "연구에의 강박관념"(research imperative)이 성공적으로 자리잡았기 때문이었다.²⁾

독일 대학의 연구 전통은 런던 대학을 필두로 영국의 산업 도시들에서 새롭게 부상하던 시립대학(civic universities)은 물론, 19세기 후반에는 교회와 국가에 봉사하는 교양있는 신사의 배출을 목표로 삼던 옥스포드 대학과 케임브리지 대학 개혁의 모델이 되었다. 그렇지만 독일 대학의 모델을 가장 잘 구현한 것은 미국의 존스홉킨스 대학이었다. 존스홉킨스 대학의 첫 총장이었던 길먼(Daniel C. Gilman)은 유럽을 여행하는 과정에서 독일 대학에 깊은 감명을 받고, 처음에는 존스홉킨스 대학을 학부가 존재하지 않는 연구 중심의 대학원 대학으로 만들 생각을 하기도 했다. 비록 존스홉킨스 대학의 초안은 대학원대학이라는 초기 생각에서 일보 후퇴하여 물리학과 화학을 포함하는 철학학부를 대학 내에 포함하고 있었지만, 길먼은 연구 역량이 있는 사람을 선정해서 철학학부의 교수들을 구성했다. 길먼은 영국의 저명한 수학자 실베스터(J. J. Sylvester)를 거액의 연봉을 주고 수학과 교수로 초빙

2) 독일 대학에서 연구의 정착과정에 대해서는 Steven R. Turner, "The Growth of Professorial Research in Prussia, 1818-1848: Causes and Context," *Historical Studies in the Physical Sciences* 3 (1971), pp. 137-182; idem., "The Prussian Universities and the Concept of Research," *Internationales Archiv für Sozialgeschichte der deutschen Literatur* 5 (1980), pp. 68-93을 참조. 기센 대학의 리비히의 실험실에 대해서는 많은 논의가 있지만 리비히가 오랜 과정을 통해 교육-연구의 결합을 이루었음을 분석한 논의로 Frederic L. Holmes, "The Complementarity of Teaching and Research in Liebig's Laboratory," *Osiris* 5 (1989), pp. 121-64가 있으며, 노이만의 세미나에 대해서는 Kathryn M. Olesko, *Physics as a Calling: Discipline and Practice in the Königsberg Seminar for Physics* (Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1991) 참조.

했고, 생물학 교수로 헉슬리(Thomas Huxley)의 조수 마틴(H.N. Martin)을, 화학과 물리학 교수로는 당시 20대 후반의 미국의 소장학자인 렘센(Ira Remsen)과 로울랜드(Henry Rowland)를 각각 임명했다. 이들에게는 월급 이외에 매년 우수한 학생과 조교를 유인하기 위한 기금 500불이 주어졌다. 렘센과 로울랜드는 각각 존스홉킨스 대학의 화학과와 물리학과를 미국의 과학의 중심으로 만든 인물이었으며, 특히 렘센은 길만에 이어 대학의 2대 총장에 취임해서 길만의 이상을 튼튼히 뿌리내리는 역할을 했다. 하버드 대학의 엘리엇(Charles Eliot) 총장도 독일 대학의 모델을 따라서 하버드 대학을 대학원과 연구에 중점을 두는 대학으로 만들고, 대학 학부에 선택과목(학생들이 선택해서 과목을 듣는 제도)을 만들었다. 대학원의 설립과 학부의 선택과목 제도는 코넬 대학, 미시건 대학, 콜럼비아 대학, 미네소타 대학, 위스콘신 대학, 캘리포니아 대학, 예일 대학, 프린스턴 대학으로 확산되었다.³⁾

그렇지만 19세기말엽에서 20세기 초엽에 이르는 기간 동안에 미국 대학에서 과학연구가 제도적으로 정착되었다고 결론짓는 것은 너무 성급하다. 존스홉킨스 대학이 연구를 정착시키는 데 중요한 역할을 했지만 미국 대학의 과학연구는 연구 그 자체를 위한 것이었다기 보다는 당시 남북전쟁의 여파 속에 세속화되고 대규모 이민으로 파편화되던 미국사회를 하나로 묶어주는 엘리트층을 배출해야 한다는 대학의 사회적인 이념을 반영한 것이었기 때문이다. 존스홉킨스 대학의 실험교육은 예일대학에서 중요시하던 운동경기에서의 참여 하버드 대학의 체육교육과 마찬가지로 협동과 규율을 교육하는 사회문화적 역할을 담당하던 것이었다. 렘센과 마틴의 화학, 생물학 실험실은 협동을 통해 다양한 계층과 배경을 가진 학생들이 서로 협력하는 방법을 배우는 공간이었지, 새로운 지식을 생산해내는 것이 그 주목적은 아니었다. 화학의 전문화와 세분화에 반대했던 렘센의 실험실은 청결과 질서를 강조했고 정각 오후 5시에 실험실의 문을 닫는 등, 새로운 지식을 만드는 것보다는 학생들에게 규율과 질서를 심어주는 것을 강조했다. 그에게 ‘순수과학’(pure science)의 교육은 사회의 비방과 싸움을 절반으로 줄일 수 있는 것이었으며, 당시 미국사회에 팽배한 무신론에 대항할 수 있는 참된 종교적 의미를 지닌 것이기도 했다. 당시 많은 교육자들이 “도덕으로서의 과학”이라는 생각을 공유했는데, 스탠포드 대학의 첫 총장을 지낸 조단(David Starr

3) 독일 대학 모델이 영국 대학에 미친 영향은 Eric Ashby, *Technology and the Academic: an Essay on Universities and the Scientific Revolution* (London: Macmillan, 1963); Joseph Ben-David and Awraham Zloczower, “University and Academic System in Modern Societies,” *European Journal of Sociology* 3 (1962), 45-84를 참조, 존스홉킨스 대학의 초기 역사에 대해서는 Hugh Hawkins, *Pioneer: A History of the Johns Hopkins University, 1874-1889* (New York: Cornell University Press, 1960); Laurence R. Veysey, *The Emergence of the American University* (Chicago and London: The University of Chicago Press, 1965), pp. 158-165가 있다

Jordan)도 “우리가 우주를 더 잘 이해할 수록 우리와 다른 사람들과의 관계, 우리자신들과의 관계는 물론 우리의 행동도 합리적이 되며, 따라서 우리를 더 청결하게 유지하고, 더 개방적인 마음을 가지고, 친절하고 신을 두려워하게 된다”고 강조하면서 대학에서 과학의 효용을 주장했다. 대학에서 과학 교육과 연구를 강조한 위스컨신 대학의 총장 토마스 챔벌린(Thomas Chamberlin)도 “세미나, 실험실, 필드”에서 길러질 수 있는 “과학의 도덕적 기능”을 역설했다.⁴⁾

19세기 말엽의 미국 대학에 연구의 이상은 물론 연구의 제도적 지원이 아직 정착하지 못했다는 증후는 여러 곳에서 나타난다. 존스홉킨스 대학이 설립되기 이전에 독일 연구대학의 모델을 따라서 만든 뉴욕시 대학(University of the City of New York), 컬럼비아 대학은 모두 실패했고, 존스홉킨스 대학의 설립 이후에도 이를 모델로 해서 설립된 몇몇 연구대학들도 시카고 대학을 제외하고는 성공하지 못했다. 20세기 사립 재단들이 강의 없이 연구만을 전담하는 대학들을 (예를 들어 Rockefeller Institute for Medical Research, Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching) 설립했지만, 이런 대학들 역시 성공적이지 못했다. 1910년에서 1915년 사이에는 미국의 여러 대학이 강의 없이 연구만을 담당하는 연구교수좌를 만들었지만, 이러한 제도도 대학에 성공적으로 정착하지 못했다. 그럼에도 불구하고 1870년부터 1910년까지 미국에서는 대학원 교육, 박사학위 소지자의 수, 교수 수가 급증했는데, 이러한 현상은 ‘연구를 위한 연구’라는 이상이 대학에 뿌리를 내렸기 때문이기보다는, 미국의 학부교육이 팽창하고 선택과목 제도 때문에 학부 고학년을 위한 전문적이고 세부적인 수업들이 많이 개설되면서 이를 강의할 박사학위소지자들과 이들을 교육시킬 대학원이 필요했기 때문이었다. 몇몇 대학의 대학원에서 과학연구가 정착된 것은 팽창하는 학부 교육과 선택과목 제도가 만들어낸 ‘우연적인’ 결과였다.⁵⁾

4) 존스홉킨스 대학의 마틴의 실험실과 예일, 하버드 대학의 비교는 Larry Owens, “Laboratories, Playing Fields, and Gymnasia in the Nineteenth-Century Search for Order,” *Isis* 76 (1985), pp. 182-194를 볼 것. 뎀센의 실험교육에 대한 좋은 분석으로는 Owen Hannaway, “The German Model of Chemical Education in America: Ira Remsen at Johns Hopkins (1876-1913),” *Ambix* 23 (1976), 145-164; Veysey, *Emergence of the American University*, p. 147이 있다. 조단의 인용은 Julie A. Reuben, *The Making of the Modern University: Intellectual Transformation and the Marginalization of Morality* (Chicago and London: The University of Chicago Press, 1996), p. 138이고, 챔벌린은 David A. Hollinger, “Inquiry and Uplift: Late Nineteenth-Century American Academics and the Moral Efficacy of Scientific Practice,” in Thomas L. Haskell ed., *The Authority of Experts: Studies in History and Theory* (Bloomington: Indiana University Press, 1984), pp. 142-156 (on p. 145)에서 인용

5) 이 문단의 논의는 Robert E. Kohler, “The Ph.D. Machine: Building on the Collegiate Base,” *Isis* 81 (1990), 638-662에 근거한 것이다. 1870-1915년 사이에 미국의 물리학, 화학, 생물학의 팽창에 대한 논의와 통계는 Daniel Kevles, “The Physics, Mathematics, and Chemistry Communities: A Comparative

따라서 당시 대학 교수들은 안정적이고 지속적인 연구비가 부재한 상태에서 연구를 수행해야 했다. 대학밖에 림포드 기금, 엘리자베스 톰슨 기금, 헨리 드레이퍼 기금과 같은 약간의 연구지원 기금이 없는 것은 아니었지만, 이런 기금들은 팽창하는 과학연구를 지원하기에 턱없이 부족했다. 특별한 경우를 제외하고는 교수들의 연구는 대학이 지원하는 극히 적은 예산을 사용해서, 방학과 같은 교수의 여가시간에 대학원생들의 도움을 받아 수행되곤 했다. 1877년부터 1919년까지 하버드 대학의 천문관측소 소장을 역임했던 천문학자 피커링(Edward C. Pickering)은 기업의 후원을 받아 물리학, 화학, 천문학을 연구하는 자연과학연구소를 세우려했지만 실패했고, 이후 하버드대학, 카네기재단, 미국과학진흥협회에 접근해서 과학연구를 위한 기금을 만들어보려 했지만 어느 하나도 성공하지 못했다. 그가 한 일은 6천불의 개인 기부금을 받아서 이를 15명의 천문학자들에게 나눠준 것이 전부였다. 지역 기업가들의 간헐적인 재정적, 물질적인 후원이 연구에 도움을 주곤 했지만 대학 교수들과 기업가들의 관계는 항상 원만하지만은 않았다. 존스홉킨스 대학의 총장 길먼은 대학의 과학연구와 강의가 산업의 이해나 요구와 무관해야 한다는 이상을 견지했고, 이는 다른 자연과학 교수들에게도 영향을 미쳤다. 예를 들어 존스홉킨스 대학의 물리학교수직을 맡고 있었던 로울랜드는 미국과학진흥협회의 연설에서 물리학 연구가 전신이나 전력과 같은 기술이 추구하는 실용성이 아닌 “지식 그 자체를 위한 지식”을 추구해야함을 역설하면서 (비록 로울랜드의 제자들 중 상당수는 AT&T와 같은 산업체에 자리를 잡았지만) 과학과 기술의 거리를 강조했다. 림센도 산업의 필요를 위한 연구를 경멸했고 제자들이 기업으로 가는 것을 반대했다. 이는 ‘도덕으로서의 과학’이라는 이상이 과학의 독립성과 독자성을 요구했고, 이를 인식한 과학자들이 과학과 실용적인 기술을 의도적으로 분리했기 때문이었다.⁶⁾

과학연구가 대학에 자리를 잡던 19세기 말엽부터 20세기 초엽에는 기업에서 연구소를 만들고 과학자들을 고용하는 새로운 현상이 나타났다. 1870년대에 독일의 몇몇 화학회사와 미국의 펜실베이니아 철도회사는 대학의 과학자들을 잠시 고용해서 신제품과 재료를 검사하

Analysis,” in Alexander Oleson and John Voss eds., *The Organization of Knowledge in Modern America, 1860-1920* (Baltimore and London: Johns Hopkins University Press, 1979), pp. 139-172 가 있다

6) 피커링의 실패에 대해서는 Howard Plotkin, “Edward C. Pickering and the Endowment of Scientific Research in America,” *Isis* 69 (1978), 44-57을 참조. 로울랜드의 ‘순수과학’ 이상은 H. Rowland, “A Plea for Pure Science” (1883), in *The Physical Papers of Henry Augustus Rowland* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1902), pp. 593-613에 가장 잘 드러나있다. 이에 대한 역사적인 분석으로는 D.A. Hounshell, “Edison and the Pure Science Ideal in the 19th Century America,” *Science* 207 (1980), 612-617이 있다. 순수과학과 도덕으로서의 과학의 점점에 대해서는 Hollinger, “Inquiry and Uplift,” pp. 147-148을 참조.

는 일을 담당하게 했지만, 이 당시에는 새로운 과학지식을 얻어내기 위한 연구를 지원하지는 않았다. 에디슨이 1876년에 지은 멘로파크(Menlo Park) 연구소는 과학연구보다는 에디슨의 기술 시스템을 완벽하게 하는 수많은 작은 발명에 전념했다. 기업이 자체 내에 연구소를 만든 것은 두이스베르크(Carl Duisberg)를 책임자로 1891년에 문을 연 바이에르(Bayer)사의 연구소가 첫 번째였다. 바이에르사가 연구소를 만든 데에는 몇 가지 요인이 동시에 작용했다. 우선 1870년대를 통해 에를리히(Paul Ehrlich)와 같은 과학자들에 의해 염료의 화학적 조성이 규명되면서 이에 대한 과학적인 분석과 합성이 가능해졌으며, 1877년에 통과된 독일의 특허법이 다른 회사의 특허를 베끼는 것을 불허하면서 동시에 새로운 합성 과정에 대한 독점적인 특허를 가능케 했고, 염료 거래에 몇 번의 위기가 오면서 기업의 경영진이 지속적인 연구에 기반한 신제품의 생산이 보다 안정적인 기업 운영에 결정적으로 중요하다는 것을 감지했기 때문이었다. 바이에르가 고용했던 젊은 화학자 두이스베르크는 1884-1886년 사이에 3개의 중요한 염료를 만들어냈고, 회사의 경영진은 그를 공장의 자질구레한 일에서 면제시키고 그에게 4명의 조수를 붙여서 연구에 전념할 수 있게 했다. 그의 조수는 곧 12명으로 늘어났고 1889년 회사의 경영진은 자연스럽게 이 연구팀을 확장해서 연구를 전담하는 연구소를 만들 계획을 확정하게 되었던 것이다. 이렇게 만들어진 바이에르의 연구소는 전문화된 연구원들의 협동연구를 통해서 1896년까지 2천 3백여 개의 염료 화합물을 만들어냈고 이 중 37개를 상품화시키는 데 성공했다.⁷⁾

바이에르의 연구소는 다른 화학산업과 전기산업 연구소의 모델이 되었다. 1897년에 미국 제너럴일렉트릭(General Electric, GE)의 엔지니어 스타인메츠(Charles Steinmetz)는 독일과 미국의 전등기술이 혁신을 거듭하는 상황에서 GE의 백열등 특허가 만료되기 전에 회사가 연구에 투자해야 한다고 주장했다. 몇 년 뒤에는 전등의 생산을 둘러싼 기업들간의 경쟁이 심해질 것이 분명하고 이 때 새로운 기술이 없다면 다른 회사의 특허를 사들여야만 하는 상황에 직면할 것이라고 생각했기 때문이었다. 특히 1890년에 통과된 셔먼 반독점법은 대기업이 지금까지 했던 불공정한 방식으로 경쟁자를 시장에서 내모는 것을 불가능하게 만들었다. 스타인메츠의 요구는 처음에는 무시되었다가 결국 회사의 경영진을 설득시켰고,

7) 1870년대 염료에 대한 화학적 규명은 Anthony Travis, "Science as Receptor of Technology: Paul Ehrlich and the Synthetic Dyestuffs Industry," *Science in Context* 3 (1989), 383-408 을 바이에르 연구소에 대한 좋은 분석으로 Georg Meyer-Thurow, "The Industrialization of Invention: A Case Study from the German Chemical Industry," *Isis* 73 (1982), 363-382 을 참조. 바이에르 이전의 화학산업에서의 초보적 형태의 연구소 설립에 대한 논의는 John J. Beer, "Coal Tar Dye Manufacture and the Origins of the Modern Industrial Research Laboratory," *Isis* 49 (1958), 123-131 이 있다.

GE는 1900년에 “독창적인 연구에 전념하기 위한” ‘실험전기화학연구소’를 개원했다. GE의 연구소는 MIT 교수였던 휘트니(Willis Whitney)를 연구소 소장으로 초빙했으며 독일 라이프치히 대학에서 박사학위를 받고 MIT에서 화학자 노이에스(A.A. Noyes)의 조교를 하고 있던 쿨리지(William Coolidge)와 독일 괴팅겐에서 화학자 네른스트에게 수학한 뒤에 스티븐슨 공과대학에서 교수를 하던 젊은 랭뮐어(Irving Langmuir)와 같은 유능한 물리학자를 고용했다. 이들의 연구는 결과적으로 큰 성과를 거두었지만 그 과정이 처음부터 순탄한 것만은 아니었다. 첫 몇년 간 GE의 연구소는 제품으로 이어질 수 있는 연구결과를 내놓지 못했고, 계속해서 독일 지멘스의 특허를 사들여야 했던 경영진은 결국 1906년에 연구소의 예산을 40% 삭감하는 조치를 취하기도 했다. 그렇지만 몇년 간의 노력 끝에 1912년에 쿨리지가 텅스텐 필라멘트를 개발하고 곧이어 랭뮐어가 코일 모양의 텅스텐 필라멘트를 사용한 개스 램프를 개발하면서 연구소의 연구는 회사에 이윤을 안겨다 주었다. 1920년대 말이면 GE는 미국 램프 생산의 96%를 차지할 정도로 이 분야에서 독점적인 지위를 점하게 되었다. 휘트니의 표현대로 GE의 연구소는 대기업의 “생명보험”으로서의 기능을 충실히 했던 것이다. GE 연구소의 성공에는 당시 전기제품산업에서 우위를 뺏기지 않으려 했던 GE의 전략이나, 연구원들의 순수연구에의 집착과 회사의 요구 사이에서 적절한 타협점을 유지했던 휘트니의 리더십이 물론 중요했지만, 무엇보다 쿨리지가 랭뮐어같은 과학자들이 시기 적절하게 기술혁신으로 이어질 수 있었던 연구결과를 내놓았던 것이 가장 중요한 요인이었다.⁸⁾

GE를 선두로 미국의 대기업들은 하나 둘 자체내의 연구소를 설립하기 시작했다. 1903년에 듀폰사도 연기 없는 화약, 니트로셀룰로스 제품의 개발을 위해 연구소(General Experimental Laboratory)를 설립했다. AT&T사는 스톤(John Stone Stone), 캠벨(George Campbell), 콜핏(Edwin Colpitts), 제윳(Frank Jewett)과 같은 과학자들을 고용해서 뉴욕-시카고 사이의 통화음의 찌그러짐 문제를 해결했던 경험이 있었다. 1911년에 AT&T사는 여기서 한 걸음 더 나

8) GE 연구소에 대해서는 George Wise, “A New Role for Professional Scientists in Industry: Industrial Research at General Electric, 1900-1916,” *Technology and Culture* 21 (1980), 408-429; idem., *Willis Whitney, General Electric and the Origin of U.S. Industrial Research* (New York, 1985); Leonard S. Reich, *The Making of American Industrial Research: Science and Business at GE and Bell, 1876-1926* (Cambridge: Cambridge University Press, 1985), pp. 42-128 등의 연구가 있다 (휘트니의 인용은 on p. 37). 과학사학자 데니스는 초기 GE 연구소에서의 연구가 “인공물에 대한 자연과학적 연구”라는 새로운 연구전통을 만들었음을 흥미롭게 보여주고 있다. Michael Aaron Dennis, “Account for Research: New Histories of Corporate Laboratories and the Social History of American Science,” *Social Studies of Science* 17 (1987), 479-518.

아가서 합병한 웨스턴일렉트릭사에 “증폭기의 문제를 수리물리학에 기초해서 연구하기 위한” 독립된 연구부서를 만들었다. 이 무렵 AT&T사가 시작한 뉴욕-캘리포니아 사이의 장거리 전화 개발 프로젝트는 기존의 증폭기가 아닌 전혀 새로운 종류의 증폭기의 개발에 그 성패가 달려 있었기 때문이었다. 이를 위해 제윳은 당시 시카고대학의 저명한 물리학자 밀리컨(A.A. Millikan)에게 최고의 학생들을 추천해줄 것을 건의했고 밀리컨은 아놀드(Harold Arnold)를 비롯한 몇명의 젊은 박사학위 소지자들을 AT&T사의 연구부서로 보냈다. 여기서 아놀드는 드포리스트(Lee de Forest)가 발명했던 삼극진공관을 사용해서 효과적인 증폭기를 만드는데 성공했고, 이는 AT&T사가 1915년 1월에 서비스를 시작한 뉴욕-캘리포니아 사이의 장거리 전화의 성공에 결정적인 역할을 했다. 웨스턴일렉트릭사의 연구부서는 확장을 거듭했고 결국 1925년에 제윳을 소장으로 벨연구소(Bell Laboratories)로 독립해서 발족했다. 코닥사의 조지 이스트먼(George Eastman)도 로체스터에 1912년 연구소를 열었고, 영국에서 교육받은 화학자 미스(C.E.K. Mees)를 소장으로 임명했다. 미스는 기업과 산업이 기술의 근본에 존재하는 과학연구를 수행해야 한다는 신념의 소유자였다. 이렇게 출범한 기업의 연구소는 1920년에 약 300개에 이르렀고, 1933년에는 1,500여개, 1938년에는 1,769개로 늘어났다. 물론 이들 대부분은 아주 작은 규모의 연구소였는데, 1938년 통계로 45개 거대 연구소가 전체 연구인력의 절반을 고용하고 있었다. 기업 연구소는 자금동원이 용이하고 장기적인 투자가 가능한 대기업에 적합한 것이었기 때문이다. 그렇지만 이들 연구소들이 과학에 미친 영향은 무시할 수 없었다. 1920년대에는 물리학 박사학위 소지자 중 20%가 기업연구소에 취직을 했고, 1921년에 총 2천 7백여 명의 과학자와 기술자가 연구직으로 기업 연구소에 고용되어 있었으며 그 수는 1933년에는 약 1만 천명, 1940년에는 약 2만 7천명으로 늘어났다.⁹⁾

그렇지만 기업 연구소에서 과학연구, 혹은 기초연구가 처음부터 순조롭게 자리 잡았던 것은 아니었다. 대기업들은 경쟁에서 승리하고, 정부의 반독점법을 피하면서 장기적인 다변

9) 1915년까지 AT&T의 연구에 대해서는 Lillian Hoddeson, “The Emergence of Basic Research in the Bell Telephone System, 1875-1915,” *Technology and Culture* 22 (1981), 512-544; Reich, *Making of American Industrial Research*, pp. 151-217. 당시 AT&T의 연구가 성공적일 수 있었던 중요한 요인으로 “단 하나의 정책, 하나의 시스템, 보편 서비스”의 정신을 강조했던 AT&T의 회장 베일(Theodore Vail)의 혁신 추진을 강조하는 연구로는 Louis Galambos, “Theodore N. Vail and the Role of Innovation in the Modern Bell System,” *Business History Review* 66 (1992), 95-126이 있다. 듀폰의 연구소에 대해서는 David A. Hounshell and John K. Smith, *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D, 1902-1980* (Cambridge: Cambridge University Press, 1988); John K. Smith, “The Ten-Year Invention: Neoprene and Du Pont Research, 1930-1939,” *Technology and Culture* 26 (1985), 34-55를 참조. 문단 말미의 통계는 Hoddeson, “Emergence of Basic Research,” p. 512 n. 1에서 인용.

화와 시장 우위를 점할 수 있는 “조직적 역량”(organizational capabilities)을 갖추기 위해 연구소를 설립하고 이에 투자했다. 즉 연구소의 연구개발은 기업의 생산이나 마케팅을 기업이 계속 확장하고 독점하는 것과 같은 논리의 연장선상에 존재했던 것이다. 따라서 다른 회사의 연구소에 비해 상당히 자유롭게 연구를 했던 GE의 경우에도 휘트니는 제품개발과 관련한 연구를 하라는 회사의 요구를 만족시키기 위해서 엔지니어링 연구소와 계속 보조를 맞추어야 했고, AT&T사의 연구소도 기존기술에 투자한 자본을 보호하는 데 초점을 맞추어 연구를 진행했기 때문에 삼극진공관을 라디오라는 새로운 기술을 위해 개발하기보다는 이를 전화 증폭기로 사용하는 것을 고집했다. 듀폰의 연구소도 1931년 인조고무 네오프린(neoprene)을 개발하기 전까지는 합병한 회사들이 개발한 연구결과를 제품화하는 데 주력했다. 결론적으로 1920년대는 물론 1930년대의 대부분의 기간에도 기업연구소들은 기존 기술을 기업전략에 맞게 특허화하고, 이 특허를 기반으로 제휴와 시장 분할을 이룰 수 있도록 해서 기업이 독점적 이익을 유지할 수 있도록 했던 조직이었다. 당시 미국의 대기업들이 기술적 혁신을 꾀했던 것은 사실이지만, 이 기술적 혁신은 기초연구보다는 특허취득과 이를 상품화해서 시장을 점유하는 방법(leapfrogging)에 기초해있었다. 특히 1920년대 말부터 불어닥친 공황의 여파로 1930년대 초반에는 기업의 연구소들이 대거 연구인력을 감축해서 GE와 AT&T의 경우 40-50%의 연구인력이 30년대 초에 연구소를 떠났다.¹⁰⁾

기업연구소에서 기초연구가 뿌리내리게 된 것은 1930년대 말엽부터였다. 1927년에 기초연구에 전념하는 작은 연구부서를 만든 듀폰은 그 책임자로 일리노이 대학에서 박사학위를 한 31살의 캐로더스(Wallace Carothers)를 특채했다. 당시 하버드에서 강의를 하던 그를 기업 연구소로 불러 올 수 있었던 것은 그에게 순수과학 연구에 전념할 수 있게 해준다는 조건을 걸었기 때문이었다. 캐로더스의 유기화학 연구팀은 폴리머에 대한 실험을 하던 중 우연히 강인한 섬유소를 발견했고, 1935년에 몇년 간의 연구 끝에 최초의 합성섬유 나일론을 개발했다. 듀폰은 1938년에 뉴욕 세계박람회에서 나일론의 발명을 선포했고, 같은 해에 나일론 공장을 세워 39년부터 그 생산에 들어갔으며, 1948년이 되면 1억 2천만불의 매출을 올리게 되었다. 과학자의 연구로부터 우연히 발견된 나일론의 신화는 당시 언론에 의해 대

10) 대기업 연구소의 기업적 가치에 대해서는 David A. Hounshell, “The Evolution of Industrial Research in the United States,” in Richard S. Rosenbloom and William J. Spencer eds., *Engines of Innovation* (Cambridge: Harvard Business School Press, 1996), pp. 13-85, on p. 26 참조. 1920-30년대 기업연구소의 leapfrogging에 대한 논의로는 John K. Smith, “The Scientific Tradition in American Industrial Research,” *Technology and Culture* 31 (1990), 121-131, 특히 pp. 125-127 참조. 특허 연구의 ‘보수화’는 Leonard S. Reich, “Research, Patents, and the Struggle to Control Radio: A Study of Big Business and the Uses of Industrial Research,” *Business History Review* 51 (1977), 208-235에 잘 나타나있다.

서특필되었다. 듀폰의 개기는 기업 연구소들이 최고수준의 기초연구를 수행하면 언젠가는 이를 상업화해서 엄청난 이익을 안겨줄 수 있는 새로운 상품으로 이어진다는 “공식”으로 굳어졌다. AT&T의 경우에도 공황의 여파가 가시던 1930년대 중반에 연구소장 켈리(Mervin Kelly)는 회사의 경영진들을 설득해서 양자물리학에 기반한 고체물리 연구팀을 만들고 그 책임자로 MIT에서 물리학 박사학위를 받은 쇼클리(William Shockley)를 초빙했다. 쇼클리의 팀은 1940년대 말엽에 반도체 트랜지스터를 만들었고, 이 발명은 그에게 노벨상을 수상하는 영광을 안겨다 주었을 뿐만 아니라 20세기 후반기 전기·전자 기술에 새장을 열었다. 기초연구의 중요성이 부각되면서 이에 관심이 없었던 기업들도 순수연구를 담당하는 연구소나 연구 부서들을 속속 설립하기 시작했다. 기초연구의 강화 경향은 2차대전 이후에 더욱 뚜렷하게 드러났는데, IBM의 회장 왓슨(Thomas J. Watson)은 1945년에 기업 내에 순수과학을 전담하는 부서를 만들어서 천문학자 에커트(W. Eckert)를 고용해서 그 책임을 맡겼고, 1951년 포드사도 엔지니어링 연구소 내에 기초연구를 전담하는 과학연구소를 따로 만들었다. 제너럴모터스사는 공장과 비슷한 오래된 연구소 스타일을 쇄신해서 1947년에 과학에 기초한 연구를 수행하기 위한 테크센터(GM Tech Center)를 건설했으며, IBM과 Bell Lab도 1950년대에 대학캠퍼스를 모방한 새로운 연구소를 만들었다. 이 연구소들은 기업의 헤드쿼터나 생산라인과 지리적으로 거리를 두고 있었으며, 대학교수의 연구실 같은 분위기를 조성함으로써 우수한 과학기술자를 유치하려고 시도했다.¹¹⁾

11) 나일론의 발명은 Hounshell and Smith, *Science and Corporate Strategy*, pp. 249-274를 볼 것. 듀폰에서 비롯된 “공식”과 기업연구의 확산에 대해서는 Hounshell, “Evolution of Industrial Research,” pp. 40-43; Smith, “Scientific Tradition,” pp. 127-128 참조. Willard F. Mueller, “The Origins of the Basic Inventions Underlying Du Pont’s Major Product and Process Innovations, 1920 to 1950,” in *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors* (Princeton: Princeton University Press, 1982), pp. 323-346도 듀폰의 연구를 잘 개괄하고 있다. 벨 연구소에 양자물리학에 기초한 고체 물리 연구팀의 창설과 트랜지스터의 개발에 대해서는 Lillian H. Hoddeson, “The Entry of the Quantum Theory of Solids into the Bell Telephone Laboratories, 1925-40: A Case-Study of the Industrial Application of Fundamental Science,” *Minerva* 18 (1980), pp. 422-447; idem., “The Discovery of the Point-Contact Transistor,” *Historical Studies in the Physical Sciences* 12:1 (1981), 41-76을 볼 것. 1950년대에 건설된 GM Tech Center, IBM Thomas Watson Research Center, AT&T의 Holmdel Bell 연구소에 대한 흥미로운 논의로는 Scott K. Knowles and Stuart W. Leslie, “‘Industrial Versailles’: Eero Saarinen’s Corporate Campuses for GM, IBM, AT&T,” *Isis* 92 (2001), 1-33이 있다.

2. 연방정부의 지원과 대학에서의 과학연구의 활성화

과학연구가 대학에 안정적으로 정착되게 된 계기는 제1차 세계대전이었다. 1차 대전은 “연구에 의해 승리했다”고 할 정도로 과학 연구가 군사력에 도움이 된다는 것을 최초로 보여준 사건이었다. 1916년 캘리포니아 스크립스 공과대학의 천체물리학자 헤일(George Hale), 시카고 대학의 물리학자 밀리컨, MIT의 화학자 노이에스 등 국립과학아카데미(National Academy of Sciences, NAS) 소속의 과학자들은 윌슨 대통령을 설득해서 대학과 연방정부 소속의 과학자들을 전쟁을 위해 ‘동원’하고 이들의 일을 조정하는 역할을 담당할 목적으로 국립연구회의(National Research Council, NRC)를 만드는 데 성공했다. 정부의 지원을 통한 과학자들의 협동연구는 폭약의 재료가 되는 질산염(nitrate) 합성, 적의 대포의 위치를 판별하는 기술, 잠수함 판독기 등을 개발해서 전쟁에 크게 기여했다. NRC 과학자들의 협동연구를 통한 기여는 에디슨과 같은 기술자들이 주도했던 에디슨자문위원회의 발명이 거의 실제 전장에서 사용되지 않았다는 사실에 비추어 놀랄만한 것이었다. NRC는 전쟁관련 연구를 수행하는 과정에서 사립 박애재단(philanthropic foundations)들과도 밀접한 연관을 맺어, 카네기 재단과 로커펠러 재단에서 각각 5백만불과 50만불을 NAS의 건물과 연구진흥을 위해 기증받았을 뿐만 아니라, 포드사, AT&T, GE와 같은 기업으로부터도 기금의 기증을 약속받았다. 그렇지만 NRC의 활동에는 명백한 한계가 있었다. 1918년에 NRC는 대통령의 행정명령에 의해 NAS 산하의 연구기관이 되었지만, 국방부와 농산부의 반대 때문에 전쟁이 끝난 뒤에는 정부를 위해 연구를 조정하거나 기획할 권한은 더 이상 가질 수 없었기 때문이었다.¹²⁾

1차 대전 이전까지 대학의 연구는 대학의 적은 예산 지원, 교수가 개인적으로 모은 돈과 지역 부호들의 약간의 후원으로 유지되었지만, 1차 대전 이후에는 사적인 기부, 기업의 지원, 그리고 공공 자금을 통한 대학지원이 급증했다. 특히 부호들이 설립한 박애재단은 2차 대전 이후에 연방정부가 과학연구를 지원하기 전까지 연구의 가장 중요한 후원자(patron)이었다. 존스홉킨스 대학의 초대 총장 길먼이 부호 카네기를 설득해서 1천만 불을 기부받아 1902년에 설립한 워싱턴의 카네기재단(Carnegie Institution)은 헤일의 윌슨산 천문대를 건설

12) NRC의 설립과 헤일의 역할에 대해서는 Daniel J. Kevles, “George Ellery Hale, the First World War, and the Advancement of Science in America,” *Isis* 59 (1968), pp. 427-437; idem, *The Physicists: The History of a Scientific Community in Modern America* (Cambridge: Harvard University Press, 1971), pp. 102-154를 참조.

할 기금을 기부했으며, “예외적으로 뛰어난 사람”(exceptional man)의 연구를 지원한다는 목표를 정하고 일군의 대학의 과학자들의 연구를 지원했다. 1911년에 카네기는 카네기법인(Carnegie Corporation)을 만들어 재단을 확대했다. 1903년에 교육위원회(General Education Board, GEB)를 만들었던 로커펠러는 1913년에 로커펠러 재단(Rockefeller Foundation)을 만들었다. 헤일이나 밀리컨 같은 NRC의 과학자들은 1차 대전 동안 이들 재단의 이사들과 접촉했고, 1919년에 로커펠러 재단에서 50만 불의 기금을 기부받아 젊은 연구자들의 박사후과정(postdocs) 장학금을 만들었다. 이 기금은 미국에서 학위를 받은 젊은 과학자들을 1년에 20-50명씩 미국의 다른 대학이나 유럽에 유학 보낼 수 있는 액수였고, 1954년까지 지속된 로커펠러 재단의 박사후과정 장학금은 미국 대학들 사이에 지식의 상호교류를 촉진했다. 로커펠러 재단은 또 1919년에 5천만 불을 기부해서 재단 내에 국제교육위원회(International Education Board, IEB)를 만들었는데, 1923년에 IEB의 소장에 취임한 로즈(Wickliffe Rose)는 “꼭대기를 더 높게”(making the peaks higher)라는 정책을 표방하면서 1920년대를 통해서 칼텍에 3백만 불, 프린스턴에 2백만 불을 지원하는 등 상위 8개 대학에 전체 연구비의 2/3를 집중 지원했다. 차세대 미국 물리학계를 이끌었던 오펜하이머(Robert Oppenheimer)와 콘돈(Edward Condon)이 이 IEB 장학생 출신이었다. 20년대와 30년대를 통해 재단은 “가장 우수한 과학”을 지원한다는 정책의 모델을 만들었고, 연구계약의 전통을 정착시켰으며, 대학 교수들에게 천문학적인 연구비로만 가능한 ‘거대과학’(big science)이 실제로 대학에 구현될 수 있다는 꿈을 심어 주었다.¹³⁾

사립 박애재단의 도움을 받아서 20년대에 빠르게 성장한 대학이 칼텍이었다. 헤일은 NRC와 사립 재단의 인맥은 물론 캘리포니아 유지들과의 네트워크를 활용해서 자신이 재직하던 무명의 쓰루 공과대학을 미국의 과학연구의 중심으로 성장시켰다. 헤일은 분광학(spectroscopy)을 매개로 해서 천문학, 물리학, 화학의 협동연구를 이룰 때 과학의 진보에

13) 사립 박애재단이 과학에 미친 영향에 대한 가장 좋은 분석으로는 Robert Kohler, *Partners in Science: Foundations and Natural Scientists, 1900-1945* (Chicago: The University of Chicago Press, 1991)이 있으며, Stanley Coben, “American Foundations as Patrons of Science: The Commitment to Individual Research,” in Nathan Reingold ed., *The Sciences in the American Context: New Perspectives* (Washington, D.C.: Smithsonian Institution press, 1979), pp. 229-247도 간결하지만 유용하다. 로즈와 IEB에 대해서는 Robert E. Kohler, “Science and Philanthropy: Wickliffe Rose and the International Education Board,” *Minerva* 23 (1985), pp. 75-95을 참조하고 로커펠러 재단의 박사후과정 장학금에 대해서는 Alexi Assmus, “The Creation of Postdoctoral Fellowships and the Sitting of American Scientific Research,” *Minerva* 11 (1993), 151-183을 볼 것. Barry D. Karl and Stanley N. Katz, “The American Private Philanthropic Foundation and the Public Sphere,” *Minerva* 19 (1981), pp. 236-270은 박애재단의 활동을 20세기 초반 미국의 progressive movement와 결부시켜 논의하고 있다.

상승작용을 일으킬 수 있다고 믿고 이미 1차 대전 중에 NRC를 통해 친분을 쌓은 밀리컨과 노이에스를 비상근 겸임교수로 쓰루 공과대학으로 초빙했으며, 전쟁이 끝나면서 이들을 정식 교수로 초빙하기 위해 노력을 기울였다. 헤일의 노력 끝에 당시 미국 최고의 화학자로 인정받고 있던 노이에스가 1920년에 칼텍으로 이적했고 (노이에스는 이적하면서 쓰루 공과대학이라는 이름을 칼텍으로 바꾸어 줄 것을 요청했다), 그의 이적은 칼텍을 단숨에 주목받는 대학으로 부상시켰다. 칼텍은 노이에스에게 게이트연구소(Gates Laboratory)를 지어주었으며, 노이에스는 이 연구소의 경비와 연구비를 워싱턴의 카네기재단에서 얻어낼 수 있었다. 카네기 재단은 1920년에서 30년까지 노이에스의 연구프로젝트를 20 개나 지원했고, 노이에스는 이런 후원을 바탕으로 칼텍의 화학과를 엑스선 결정화학을 기반으로 한 미국 물리화학의 중심지로 성장시켰다. 라이너스 폴링(Linus Pauling)은 노이에스의 실험실이 배출한 칼텍의 차세대 선두주자였다. 밀리컨이 1921년에 시카고에서 이적할 때에도 대학은 그에게 새로운 건물하나를 모두 연구소로 쓸 수 있게 배려해주었으며, 연구에 전념할 수 있도록 다른 행정적인 일에서 면제시켜주었다. 밀리컨은 칼텍을 미국 물리학의 중심으로 만든다는 야심을 가지고 우수한 젊은 교수들을 채용했을 뿐만 아니라, 디랙(P.M. Dirac), 아인슈타인(Albert Einstein)과 같은 과학자들을 초청해서 칼텍이 캘리포니아에 지리적으로 고립되어 있다는 약점을 극복했다. 칼텍은 1928년에 유전학의 대가 모르건(Thomas Hunt Morgan)을 생물학 교수로 영입했다.¹⁴⁾

1차 대전에서 2차 대전에 이르는 기간 동안에는 사립 재단들이 과학연구의 가장 중요한 후원자였지만, 1차 대전 직후에는 기업도 대학에 대한 직·간접적인 지원을 아끼지 않았다. 기업과의 관계를 잘 유지하면서 기업으로부터 용역비를 받아 연구를 수행하던 대표적인 대학이 MIT였다. MIT는 일찍이 1902년에 AT&T와 밀접한 연관을 맺었으며 전기공학과와 잭슨(Douglas Jackson)은 1907년에 GE와 함께 산학협동 교육프로그램을 시작했다. 화학과의 워커(William H. Walker)는 1908년에 응용화학연구소(Research Laboratory of Applied Chemistry)를 만들어 산업체와의 계약을 통해 화학공학의 교육과 연구를 지속했으며 기업과의 관계를 총괄하는 기술계획(Technology Plan)의 책임을 맡았다. 이러한 특성은

14) 헤일의 노력과 칼텍의 협동연구 전통에 대해서는 Robert H. Kargon, "Temple to Science: Cooperative Research and the Birth of the California Institute of Technology," *Historical Studies in the Physical Sciences* 8 (1977), 3-31이 좋은 논의를 제공한다. 노이에스의 실험실과 밀리컨과 칼텍의 성장에 대해서는 각각 John W. Servos, "The Knowledge Corporation: A.A. Noyes and Chemistry at Cal-tech, 1915-1930," *Ambix* 23 (1976), 175-186과 Judith Goodstein, *Millikan's School: A History of the California Institute of Technology* (W.W. Norton & Company, 1991)을 참조

MIT를 성장시키는 데 동력이 되기도 했지만 동시에 기초연구를 경시하는 경향을 낳았다. 노이에스가 칼텍으로 떠난 데에는 위커와의 불화가 큰 이유로 작용했으며, 1920년대에 MIT의 물리학과는 전기공학과와 엔지니어들이 유용한 첨단 지식을 얻을 수 없다고 불평할 정도로 낙후되어 있었다. 1930년에 MIT의 총장으로 임명된 프린스턴의 물리학자 칼 컴프턴(Karl Compton)은 MIT를 기업에서 필요로 하는 기술 중심의 대학에서 기초연구를 강조하는 연구대학으로 변화시키는 대대적 개혁을 단행했다. 이를 위해 컴프턴은 물리학과에 이론 물리학자 슬레이터(John Slater)를 학과장으로 임용하고 위커의 응용화학연구소를 폐쇄하는 등 응용 중심의 기존의 학과를 기초과학 중심으로 바꾸어나갔다. 그는 또 대학 교수들의 연구가 산업의 필요에 의해 좌지우지되지 않는 제도적 장치를 마련했다. 연구에 필요한 기금은 기업이 아닌 사립 재단으로부터 유입되었다. 1930년 로커펠러재단은 MIT에 일반연구자금 17만불을 지원했으며, 1935년 이 기금이 떨어지자 컴프턴은 다시 구겐하임, 로커펠러, 하이얌스(Hyams) 재단으로부터 지원을 받아 MIT의 영구기금을 세배 늘리는데 성공했다.¹⁵⁾

그렇지만 모든 대학의 연구가 칼텍이나 MIT처럼 순조로운 것은 결코 아니었다. 1930년대에 접어들면서 과학연구의 지원에는 새로운 문제들이 나타나기 시작했는데, 그 중 하나는 기업이 대학의 과학연구의 지속적인 후원자가 될 수 없다는 사실이 분명해졌다는 것이었다. 1차 대전 이후에 헤일의 NRC는 기업에 의한 대학의 후원을 유도했는데 경쟁 회사에게 도움이 될지 모르는 대학의 과학연구를 개별 기업이 지원한다는 것은 처음부터 이상에 가까웠다. 헤일이 대기업들로부터 기금을 마련해서 장기적인 과학연구를 지원하려고 기획했던 국립연구기부(National Research Endowment)는 실패했고, 이를 확장한 후버(Herbert Hoover)의 국립연구기금(National Research Fund)도 한푼의 돈도 모으지 못한 채 실패로 끝났다. 여기에 1920년대 말엽부터 시작된 공황은 기업의 한계를 뚜렷하게 드러냈다. 1930년대 초반에 대기업들은 대학의 과학연구는 커녕 자체 연구인력도 서둘러 감축했다. 공황은 사립 재단의 지원금도 감축하는 결과를 낳았다. 로커펠러 재단도 박사후과정 유학생 지원만을 남겨둔 채 대학에 대한 다른 연구지원을 대폭 삭감했다. 워렌 위버(Warren Weaver)가 로커펠러 재단의 자연과학부 책임자로 임명된 1932년 이후에는 재단이 다시 대

15) MIT에서 노이에스의 물리학과와 위커의 화학공학 사이의 갈등은 John W. Servos, "The Industrial Relations of Science: Chemical Engineering at MIT, 1900-1939," *Isis* 71 (1980), 531-549에 잘 분석되어 있다. 1930년대 컴프턴의 개혁에 대한 가장 좋은 분석은 Christophe Lecuyer, "The Making of a Science Based Technological University: Karl Compton, James Killian, and the Reform of MIT, 1930-1957," *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 23 (1992), 153-180이다.

학의 연구를 지원했지만, 그 분야는 분자생물학과 의학에 집중되었다. 이러한 상황에서 컴프턴과 보우먼(I. Bowman) 같은 젊은 세대의 과학자들은 기초과학연구의 지원이 이제는 연방정부에 의해서 이루어져야 한다고 믿기 시작했다.¹⁶⁾

이들은 전문화되고 늘어난 과학연구를 지원하기 위해서 정부와 새로운 관계를 모색했다. 공황을 타개하기 위해 국가재건내각(National Recovery Administration)을 운영하고 있었던 루즈벨트 정부는 산업, 소비자, 노동에 관련된 자문위원회를 각각 두고 있었는데, NRC의 새 의장으로 선출된 보우먼은 1933년 재건내각 내에 과학자문위원회(Science Advisory Board, SAB)를 만드는 데 성공하고 그 의장으로 MIT 총장인 컴프턴을 임명했다. 과학자문위원회는 보우먼과 컴프턴같은 과학자들은 물론 벨연구소 소장 제윳, 화이트엔지니어링사의 대표 던(Guno Dunn), GM 연구소 소장 케터링(Charles Kettering), 카네기재단 회장인 메리엄(John Merriam)을 포함했다. 당시 컴프턴이나 보우먼은 헤일이나 밀리컨의 자유방임주의보다는 GE의 회장 스위피(G. Swope)같은 사람이 견지하던 조합자유주의(corporate liberalism)의 생각에 경도되었음을 볼 수 있는데, 조합자유주의는 공공부문인 정부와 민간부문인 기업이 합심해서 국가의 미래를 치밀하게 계획해야 한다는 생각을 골자로 하고 있었다. SAB는 과학자들의 전문지식을 활용해서 기상국, 화학 및 토양국, 농림부, 특허국과 같은 정부 부처의 효율을 고양하는 임무를 맡았지만 보우먼과 컴프턴의 궁극적인 목적은 이를 통해 대학의 연구를 지원하려는 것이었다. SAB는 1933년에 정부로부터 1600만 불의 예산을 과학연구를 위해 지원할 것을 제안했으며, 1934년에는 루즈벨트 대통령에게 국립연구행정국을 만들어 1억불의 예산을 집행할 것을 요청하기도 했다. 컴프턴이 총장으로 있던 MIT대학은 1932-35년에 연방정부의 테네시밸리계획(Tennessee Valley Authority)에 필요한 고전압전송 연구 계약에 지원했고, 1938년에는 새로 설립된 국립보건원(National Institutes of Health)에 연구프로젝트를 제안하기도 했다. 그렇지만 1930년대 당시에는 이 중 어떤 시도도 성공적이지 못했다. 과학자 사회 내부에서도 헤일이나 밀리컨과 같은 구세대의 과학자들은 대학에서의 과학연구와 같은 사적 영역에 대한 정부의 개입은 정부의 통제를 낳는다고 우려했다. 내각 내에서 SAB는 사회과학자들이 주축이 되어 만든 국가자원계획위원회(National Resources Planning Board, NRPB)와 충돌했는데, NRPB

16) 국립연구기부와 국립연구기금의 실패에 대해서는 Lance E. Davis and Daniel J. Kevles, "The National Research Fund: A Case Study in the Industrial Support of Academic Science," *Minerva* 12 (1974), 213-20을 참조. 1930년대 위렌 위버에 의한 로커펠러 재단의 연구지원의 변화는 Robert Kohler, "The Management of Science: The Experience of Warren Weaver and the Rockefeller Foundation Programme in Molecular Biology," *Minerva* 14 (1976), pp. 279-306 참조.

의 사회과학자들은 역으로 국가 행정에 과학자들이 개입하는 것이 정부의 힘을 약화시킬 수 있다고 SAB에 반대했다. 과학자들은 정부의 통제를 두려워하고 정부는 과학자들의 간섭을 두려워한 상황에서 SAB는 아무런 실질적인 성과를 달성하지 못하고 35년에 해체되었다. 그렇지만 30년대의 이러한 시도들은 컴프턴의 말대로 미래의 “정부와 민간 과학자들 사이에 적절한 관계”의 초석을 놓은 셈이었다.¹⁷⁾

1945년 이후 미국의 대학은 연방정부와의 새로운 관계정립을 통해서 “연구경제”(research economy)에 현저한 변화를 이루었는데 정부가 대학의 연구를 지원하기 위해 사용한 예산은 대학의 연구경제의 확장을 뚜렷하게 보여준다. 1940년에 미국의 연방정부는 천 3백만 불을 대학의 연구에 지원했는데 그 대부분은 농산부에 의한 농업관련 연구의 지원이었다. 반면에 10년이 지나 1950년이 되면 10개가 넘는 정부 기관에서 1억 5천만 불을 대학연구를 위해 쓰고 있었다.¹⁸⁾ 40년대의 변화를 가져온 것은 “레이더에 의해 승리했고 원자탄에 의해 종지부를 찍었다고 간주된” 제 2차 세계대전이었다. 전쟁을 연합군의 승리로 이끈 레이더와 원자탄은 주로 물리학자와 수학자, 화학자들과 같은 과학자들의 협동연구에 의해 개발되었다. 이러한 군사무기의 개발을 성공적으로 이끈 NDRC(National Defense Research Committee, 1940)와 OSRD(Office of Scientific Research and Development, 1941)의 핵심 멤버들도 MIT의 컴프턴, 하버드의 화학자 코난트(James B. Conant)나 칼텍의 톨먼(R.C. Tolman)과 같은 과학자들이었거나 과학의 힘을 신뢰했던 제 워트, 부시(Vannevar Bush)와 같은 엔지니어였다. MIT의 공학부 학장을 지내다가 1938년부터 워싱턴에서 카네기재단의 의장, NACA(National Advisory Committee for Aeronautics)의 대표를 지낸 부시는 1940년에 NDRC를 만들고 41년부터 이를 확대 개편한 OSRD의 의

17) 1930년대 컴프턴, 보우먼의 시도에 대한 좋은 분석으로는 Robert Kargon and Elizabeth Hodes, “Karl Compton, Isaiah Bowman, and the Politics of Science in the Great Depression,” *Isis* 76 (1985), 301-318; Kevles, *Physicists*, pp. 252-266이, SAB와 NRPB의 갈등에 대한 자세한 분석은 Joel Genuth, “Groping towards Science Policy in the United States in the 1930s,” *Minerva* 25 (1987), 238-268이 있다. 1930년대 MIT대학의 시도에 대해서는 Larry Owens, “MIT and the Federal ‘Angels’: Academic R&D and Federal-Private Cooperation before World War II,” *Isis* 81 (1990), 189-213을 참조. 문단 말미에 있는 컴프턴의 인용은 Kargon and Hodes, “Karl Compton,” on p. 318.

18) 1940년대의 변화에 대한 좋은 개관은 A. Hunter Dupree, “The Great Instauration of 1940: The Organization of Scientific Research for War,” in Gerald Holton ed., *The Twentieth-Century Sciences* (New York: Norton, 1970), pp. 443-467이다. 연구비의 증가는 Daniel L. Kleinman, *Politics on the Endless Frontier: Postwar Research Policy in the United States* (Durham and London: Duke University Press, 1995), on p. 29 참조. ‘연구경제’는 Roger Geiger가 사용한 용어이다 Roger L. Geiger, *Research and Relevant Knowledge: American Research Universities since World War II* (Oxford: Oxford University Press, 1993), on vii.

장을 지내면서 대학, 기업의 과학기술자들과 연방정부 사이에 수많은 연구계약(contracts)을 체결해서 페니실린의 상업화, 레이저 개발, 근접전파신관(proximity fuse)의 개발 말라리아 약 개발 등 전쟁에 결정적으로 공헌한 혁혁한 연구성과를 만들어냈다. 원자탄은 OSRD가 아닌 육군 산하의 맨하탄계획에 의해 개발되었지만 부시와 코난트는 원자탄 개발의 과학자문을 맡으면서 이에 관여했다. OSRD는 대학과 기업의 과학기술자들과 연구계약을 맺어 연구비를 지원했는데, 2차대전 동안에 OSRD와의 계약을 통해서 MIT는 총 1억 1천만 달러, 칼텍은 8천 6백만 달러, 하버드대학은 약 3천만 달러라는 ‘천문학적인’ 연구비를 수혜할 수 있었다. 부시가 창안해 낸 연구계약(contracts)은 과학의 자율성을 최대한 보장하면서 정부의 지원을 과학으로 돌릴 수 있는 “혁명적인” 기제였다.¹⁹⁾

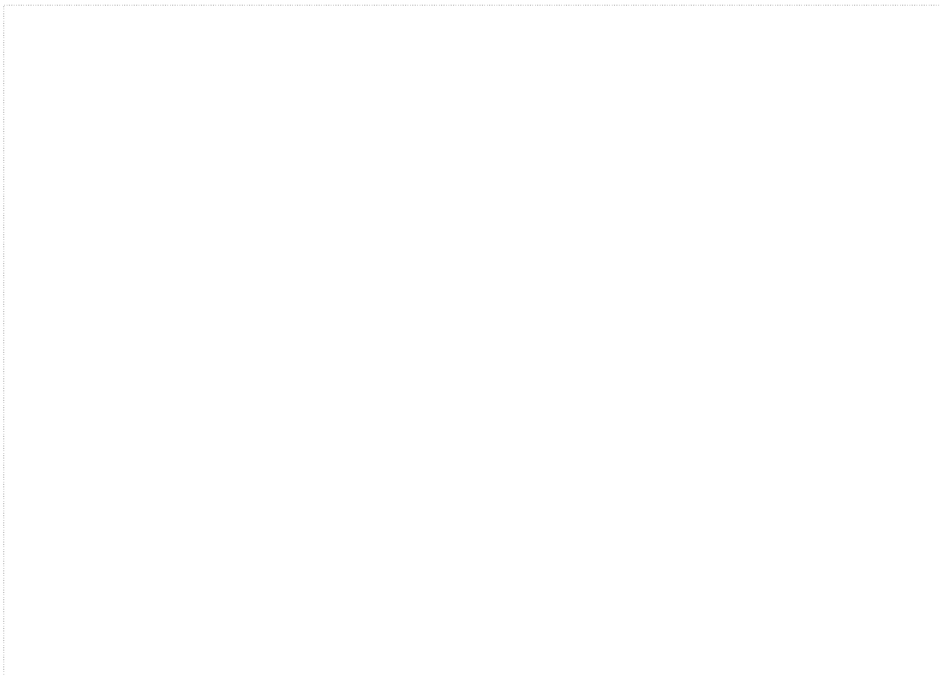


그림. 1940년 버클리에서 바니바 부시 왼쪽에서 3 번째 제임스 코난트 부시의 오른쪽 칼 컴프턴(코난트의 오른쪽)

19) 2차 대전 동안 NDRC, OSRD를 통한 과학자들의 전쟁연구에 대해서는 Kevles, *Physicists*, pp. 286-323을 참조. 부시의 “연구계약” 메커니즘을 포함해서 OSRD의 조직과 연구진행에 대한 상세한 분석은 Larry Owens, “The Counterproductive Management of Science in the Second World War: Vannevar Bush and the Office of Scientific Research and Development,” *Business History Review* 68 (1994), pp. 515-576을 볼 것. Owens는 OSRD가 마치 1920년대 후버의 ‘associationalism’을 연상시키는 복잡한 위계조직과 연구계약 과정을 가지고 있었기 때문에 결과적으로 OSRD가 부시의 통제를 벗어났음을 지적하고 있다

부시는 전쟁이 끝날 무렵에 OSRD가 평화시에 지속될 수 없다는 사실을 인식했다. 그렇지만 전시에 이루어졌던 정부의 과학연구에 대한 지원이 지속되어야 한다고 생각한 부시는, 이를 위해서 정부가 과학자들에 의해 관리되는 연구재단을 만들어 과학연구를 지원해야한다는 주장을 담은 『과학, 그 끝없는 프론티어』(1945)를 대통령에게 제출했다. 부시의 제안에는 전문과학자들이 지원프로젝트를 평가한다는 엘리트주의 이념이 잘 나타나 있었는데, 이는 사회 각계의 대표를 연구계획 검토에 참여시킨다는 정책을 담은 민주당 상원의원 킬고어(Harley M. Kilgore)의 안과 오랫동안 대립하다가 결국 1950년 국립과학재단(National Science Foundation, NSF)의 창설로 그 결실을 맺었다.²⁰⁾ 그렇지만 1945년에서 1950년 사이의 5년 동안에 이미 연방정부가 원자력위원회(Atomic Energy Commission, AEC: 1946년 설립), 해군연구소(Office of Naval Research, ONR: 1946년 설립), 국립보건원(National Institutes of Health, NIH) 등을 통해서 과학연구를 지원하는 비율이 전쟁 전에 비해 비교할 수 없을 만큼 커졌다. 해군연구소는 1946년부터 1950년까지 200개 대학의 1,200여 개의 프로젝트를 지원하면서 매년 2천만 불을 대학의 기초연구에 쏟아부었고, 이런 지원을 통해 2,500여 학생들이 박사학위를 받을 수 있었다. 원자력위원회와 국방부는 1940년대 후반과 50년대를 통해서 MIT의 전자공학연구소, 서보메커니즘 연구소, 링컨연구소, 장비기기연구소, 원자과학기술연구소, 존스홉킨스 대학의 응용물리연구소(APL), 미시건대학의 윌로우린 연구소, 스탠포드 대학의 마이크로파연구소, 전자공학연구소, 고에너지연구소와 선형가속기센터, 칼텍의 제트추진연구소(JPL), 버클리의 로렌스 방사연구소 등의 크고

20) 부시의 『과학, 그 끝없는 프론티어』와 NSF의 설립에 대해서는 많은 연구가 있지만 다음의 연구들이 특히 유용하다. Daniel J. Kevles, "The National Science Foundation and the Debate over Postwar Research Policy, 1942-1945: A Political Interpretation of Science--The Endless Frontier," *Isis* 68 (1977), pp. 5-26은 부시의 『과학』과 NSF를 2차 대전 동안에 기획되었던 Technology Mobilization Act, Science Mobilization Act의 맥락 속에서 검토하고 있으며, Jessica Wang, "Liberals, the Progressive Left, and the Political Economy of Postwar American Science: The National Science Foundation Debate Revisited," *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 26 (1995), 139-66은 부시의 기술관료적이고 엘리트적인 안과 킬고어의 참여민주주의적인 안을 비교하고 있다. Kleinman, *Politics on the Endless Frontier*, pp. 74-144는 과학자들의 독자성을 중시한 대신에 NSF의 정책 조정능력을 약화시킨 부시의 안과 다양한 계층의 참여를 보장한 대신 NSF의 중앙집중적이고 국가의 전체 과학기술정책에 대한 조정과 권한을 강화한 킬고어 안을 둘러싼 정치적 논쟁을 분석하고 있으며, Nathan Reingold, "Vannevar Bush's New Deal for Research: or The Triumph of the Old Order," *Historical Studies in the Physical Sciences* 17:2 (1987), 299-344는 『과학』에서 부시가 제안한 것이 단선적으로 NSF로 이어졌다는 해석을 비판하면서, 부시의 이상과 1945-50년대 사이의 실제 과학정책 사이에 큰 괴리가 있었음을 주장한다. 부시의 『과학』이 "과학을 위해 정부가 무엇을 해야하는가"를 제시한 보고서였다면, John R. Steelman, *Science and Public Policy* (Washington, DC., 1947)은 국가의 정책을 위한 과학의 역할을 강조했지만 『과학』에 가려져서 거의 아무런 영향력도 미치지 못했다. William A. Blanpied, "Inventing US Science Policy," *Physics Today* 51 (Feb. 1998), 34-40.

작은 연구소들을 지원했다. 이미 전쟁 직후 MIT의 전자공학연구소 하나의 예산이 MIT 대학 전체의 운영 예산을 능가할 정도였는데, 1940년대 말엽에 MIT의 연구 예산 중 85%가 국방부와 AEC로부터 지원받고 있었다. 당시 지원대상은 주로 군사연구와 관련된 물리학, 전자공학, 컴퓨터 공학 등이었으며, 물리학 분야에서는 고체물리학과 핵무기 응용가능성을 염두에 둔 입자물리 실험분야와 가속기 건설이 집중적으로 지원됐다.²¹⁾

2차 대전이후 국방부와 AEC에 의한 과학연구에의 지원은 1949년에 소련이 첫 원자탄 실험에 성공하고 50년에 한국전쟁이 발발하면서 가속되었다. 한국전쟁 직전에 미국 국방부는 국방부 내에 미사일 연구부를 만들고 과학기술자들을 참여시키기 시작했는데, 한국전쟁이 발발하면서 미국정부는 국방동원국 산하에 과학자문위원회를 만들어 과학자들로 하여금 방위과학의 효율을 높이는 방안을 고안하도록 했고, 1952년에는 리버모어 무기연구소(Livermore Weapons Laboratory)를 설립했다. 한국전쟁으로 고조된 위기의식의 심화는 벨 연구소와 같이 국방부와 수주계약을 꺼리던 민간 기업체 연구소마저도 군사무기개발 연구계약을 맺도록 만들었다. 비록 한국전쟁 중에 팔목할만한 새로운 무기가 만들어진 것은 아니었지만, 한국전쟁은 국방을 위해서 과학이 “전면동원”되어야 한다는 인식을 심화시킨 사건이었다. 한국전쟁 이전에는 과학연구가 국방부가 아닌 민간단체 NSF로 이관되어야 한다는 일부 과학자들의 주장이 설득력을 가졌으나, 한국전쟁 이후에는 국방부가 과학연구를

21) 1945년 이후 해군연구소에 대해서는 Harvey M. Sapolsky, *Science and the Navy: The History of the Office of Naval Research* (Princeton: Princeton University Press, 1990) 을, 대학의 군사 연구에 대해서는 Stuart W. Leslie, “Playing the Education Game to Win: the Military and Interdisciplinary Research at Stanford,” *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 18 (1987), 55-88; idem., “Profit and Loss: The Military and MIT in the Postwar Era,” *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 21 (1990), 59-85; idem., *The Cold War and American Science: The Military-Industrial-Academic Complex at MIT and Stanford* (NY: Columbia University Press, 1993); Robert W. Seidel, “Accelerating Science: The Postwar Transformation of the Lawrence Radiation Laboratory,” *Historical Studies in the Physical Sciences* 13:2 (1983), 375-400; idem., “From Glow to Flow: A History of Military Laser Research and Development,” *ibid.*, 18:1 (1987), 111-145; Michael A. Dennis, “‘Our First Line of Defense’: Two University Laboratories in the Postwar American State,” *Isis* 85 (1994), 427-455를 참조. 입자실험 물리학과 가속기 건설에 대한 지원에 대해서는 Robert W. Seidel, “Accelerators and National Security: The Evolution of Science Policy for High-Energy Physics, 1947-1967,” *History and Technology* 11 (1994), 361-391; Peter Galison and Bruce Hevly, eds., *Big Science: The Growth of Large-Scale Research* (Stanford: Stanford University Press, 1992) 를 참조. Adrienne Kolb and Lillian Hoddeson, “The Mirage of the ‘World Accelerator for World Peace’ and the Origins of the SSC, 1953-1983,” *Historical Studies in the Physical Sciences* 24:1 (1993), 101-124는 미국의 SSC(Superconducting Super-Collider)가 입자물리학에서 미국의 패권을 유지한다는 ‘냉전’ 시대 논리의 연속으로 기획되었고 1989-90년에 자본주의-공산주의의 대결구도가 무너지면서 취소되었음을 보여주고 있다.

지원하는 것에 대한 불만을 듣기 힘들었다.²²⁾

국방부와 AEC에 의한 대학연구의 지원은 군사적 응용가능성이 분명한 연구주제에 국한되었다. 이러한 상황에 변화가 생긴 것은 1957년 소련이 최초의 인공위성 스푸트니크(Sputnik)를 쏘아 올리고 나서였다. 미국으로서는 소련이 먼저 인공위성을 발사했다는 사실도 수치스러운 일이었지만, 더 심각했던 문제는 스푸트니크에서 소련의 미사일이 미국을 직접 공격할 정도로 발전했음을 감지했다는 것이었다. 미국은 즉시 대통령 직속 과학자문위원회(President's Science Advisory Committee, PSAC)를 만들어 과학기술과 국방에서 우위를 점하기 위해 총력을 다하기 시작했으며, 잘 정의된 응용 연구주제가 아니라 기초연구 일반에 정부가 지원을 아끼지 않았다. 1960년 PSAC는 『과학의 진보, 대학, 연방정부』라는 보고서(소위 Seaborg Report)를 대통령에게 제출했는데 이 보고서는 과학연구의 지원이 국가적 차원의 투자이며 정부가 기초연구와 대학원교육을 동시에 지원해야 함을 주장했다. 연방정부는 스푸트니크 사건 5개월 후에 새로운 우주연구지원기관인 NASA를 설립했고, 우주항공과학을 폭넓게 지원한 NASA의 지원은 1966년까지 대학연구에 대한 연방정부 지원의 10%를 차지했다. 국방부도 군사기술과 관련된 고급 기술 연구를 지원하는 ARPA(Advanced Research Project Agency: 1972년에 D(defense)ARPA로 이름이 바뀜)를 설립했다. 기초연구를 지원하는 기관이었던 NSF의 예산과 역할도 크게 늘어났다. NSF의 예산은 1958년에 4천만 달러에서 1959년에는 1억 3천4백만 달러, 1968년에는 5억 달러로 10년 사이에 10배 이상 증가했다. NSF는 개별적인 연구만이 아니라 연구소와 같은 시설투자도 지원하기 시작했고, “과학개발 프로그램”을 출범시켰다. NII 역시 1953년에서 1968년 사이에 내부 연구소 지원정책에서 대학지원 정책으로 정책 기조를 선회했다. 기초과학연구에 대한 지원은 고등교육에 대한 지원과 함께 진행되었다. 고등교육에 예산을 쓰기를 극히 꺼려했던 의회는 스푸트니크 이후 이를 허가했고 그 결과 1958년에 국가방위교육법(National Defense Education Act, NDEA)이 제정되었다. NDEA를 통해 대학원 학생에 대한 정부차원의 지원이 제도화되었으며 (평균 1년에 \$1500씩 3년간 지원, 이 때 정부의 고등교육 예산은 이전에 비해 두 배로 증가했으며, 1966-67년에 NSF, NDEA, NASA 등에 의한 대학원생 지원의 규모는 한 해에 6만 명에 달했다. 1958년에서 1968년 동안 기초연구

22) 한국전쟁의 영향에 대한 분석으로는 Daniel Kevles, “Cold War and Hot Physics: Science, Security, and the American State, 1945-56,” *Historical Studies in the Physical Sciences* 20:2 (1990), pp. 239-264; idem., “K₁S₂: Korea, Science, and the State,” in Galison and Hevly eds., *Big Science*, pp. 312-333 이 있다.

를 위한 연방정부의 총 대학지원금은 1억7천8백만 달러에서 12억5천 백만 달러로 약 7 배 증가했다. 결과적으로 1950년대 초반에는 대학의 연구 중 기초연구와 응용연구가 대략 반 반이었지만, 1963년이 되면 대학의 기초연구에 투여되는 연구비는 응용연구의 7-8배를 넘게되었다.²³⁾

1957년 이후에 연방정부의 기초연구 지원 정책이 뚜렷해지면서 대학의 연구는 양적 팽창과 질적 변화를 거듭했다. MIT와 같이 연방정부 연구비를 받아 팽창한 대학은 당장 눈에 보이는 군사적 응용가능성이 없는 주제도 연구 대상에 포함할 정도로 풍성한 연구비를 사용하고 있었다. 1960년대 말엽의 MIT는 국방부의 비영리 연구계약의 가장 큰 계약자였을 뿐만 아니라 대학연구의 가장 큰 수행기관이었다. 정부의 국방연구비로 성장한 또 다른 대학으로 미시건 대학을 들 수 있다. 미시건 대학은 1920년대에 설립한 공학연구부(Department of Engineering Research)를 통해 기업의 용역을 받아 연구를 수행하고 수익금을 또 다른 연구에 투자하곤 했는데, 이런 정책은 2차 대전 이후 연방정부의 기초과학 연구비가 늘어나면서 변화를 겪을 수밖에 없었다. 1963-64년 사이에 미시건 대학이 받은 기업의 연구비는 2백만 불이었음에 비해 정부로부터 받은 연구비는 3천3백만 불에 달했기 때문이었다. 그렇지만 미시건 대학이 정부로부터 받은 연구비 중 국방부와 원자력에너지위원회 지원이 1960년대를 통해 대체로 60%, 가장 높을 때는 75%까지 이르렀다. 이러한 지원은 대학을 팽창시켰지만, 군부-산업-대학이 결합한 '군산학 복합체'의 권력을 강화시키면서 대학연구가 거대화되고 또 연구 지원이 물리학과 공학으로 집중되는 경향을 낳았다. 이러한 경향을 우려한 일부 과학자, 언론인, 정치인들은 1960년대 이후에 미국과학의 거대화와 군사화를 강하게 비판하기도 했다.²⁴⁾

23) 스푸트니크의 충격과 정부의 기초연구 지원의 증가에 대한 분석은 Roger L. Geiger, "What Happened after Sputnik? Shaping University Research in the United States," *Minerva* 35 (1997), 349-367; idem., "Science, Universities, and National Defense, 1945-1970," *Osiris* 7 (1992), 26-48, esp. pp. 44-48; idem., *Research and Relevant Knowledge*, pp. 157-197; John Aubrey Douglass, "The Cold War, Technology, and the American University," CSHE working paper (ishi.lib.berkeley.edu/cshe) 에서 찾아볼 수 있다.

24) 미시건 대학에 대해서는 John W. Servos, "Engineers, Businessmen, and the Academy: The Beginnings of Sponsored Research at the University of Michigan," *Technology and Culture* 37 (1996), pp. 721-762를 참조. 오크리지(Oak Ridge) 연구소의 소장을 지내던 와인버그(Alvin Weinberg)는 1960년대 초엽에 과학연구가 거대과학화되고 있음을 비판했으며, 1959년에 워싱턴 카네기재단의 대표 터브(Merle Tuve)는 과학이 지식이 아니라 기술적 응용으로 경도되고 있다고 비판했다. Leslie, "Profit and Loss," on p. 84. 미시건대학도 1950년대에 국방연구와 원자력연구를 주로 수행했던 월로우런연구소가 팽창한 것과는 대조적으로 대학의 물리학과는 1920-30년대에 비해 오히려 퇴보하는 모습을 보였다. 국방연구의 지원이 대부분 물리학과 전자공학에 집중되어 생물학 분야가 상대적으로 덜 발전하고 있다는 지적은 Richard Barber, *Politics of Research* (Washington D.C., 1966), p. 60 참조. 역사학자 포먼의 연

변화는 대학에만 찾아온 것이 아니었다. 앞 절에서 언급했듯이 전후에 기업의 연구소들도 기초연구(fundamental research)를 강조하기 시작했다. 기초연구로부터 나온 듀폰의 나일론과 물리학자들이 주도한 원자탄은 ‘순수 과학연구에 투자할 경우 기술혁신은 자동적으로 이어진다’는 “선형모델”(linear model)의 정당성을 입증하는 결정적 증거로 간주되었고, 2차 대전 이후에는 어떤 기업도 이 명제를 부정하기 힘들었다. 기존에 연구소를 가지고 있던 기업은 더 많은 재원을 기초연구에 투자했고, 제너럴모터스와 같이 공장 내부에 연구소를 두고 있던 기업은 생산라인과 떨어진 곳에 새로운 연구소를 지었다. RCA도 사내 연구의 기본방향을 기초연구에 맞추었고, 이는 제약회사와 화학회사들도 마찬가지였다. 기업이 연구소의 기초연구를 강화함에 따라 예기치 않은 결과가 생기기도 했다. 1913년에 설립된 멜론인스티튜트(Mellon Institute)는 기업의 연구를 수행해주고 연구비를 받아 대학연구를 유지하던 평판 좋은 학교였는데, 기업으로부터의 연구비가 줄고 다른 대학들이 정부의 아낌없는 연구비를 받아 팽창하는 환경 속에서 독자적으로 살아남는 것에 실패하고 인접한 카네기 대학과 합병해서 카네기멜론(Carnegie-Mellon) 대학이 되었다. 클리블랜드에 위치한 케이스 인스티튜트(Case Institute)와 웨스턴리저브 대학도 1960 년대에 늘어난 정부 연구비를 더 많이 수혜하기 위해서 합병을 거쳐 케이스웨스턴 대학으로 거듭났다. 반면 스탠포드와 같은 대학은 연방정부의 연구비의 이점을 살려서 주변 기업과 새로운 관계를 맺기도 했다. 스탠포드는 1930년대 말엽에 스페리(Sperry)사와 협동연구를 계획했고 전쟁 직후에도 캘리포니아 기업들로부터 연구비를 받아 대학의 연구 재정을 충당할 계획을 세웠지만, 대학과 기업 사이의 문화적 차이와 기업들의 비협조로 인해서 계획을 순조롭게 진행하지 못했었다. 그렇지만 1945년부터 연방정부의 연구비를 받아 스탠포드 대학의 전자공학, 마이크로웨이브 공학이 급격하게 발전하면서 스탠포드가 세운 산업단지(Stanford Industrial Park)는 기업을 유인하기 시작했다. 배리언사, 록히드연구소, GE, 모터롤라 등의 회사가 이 산업단지에 입주했으며, 이는 1970년대 이후 반도체와 컴퓨터 산업의 부상에 힘입어 실리콘밸리의 신화를 창조하는 데 핵심적인 역할을 담당했다.²⁵⁾

구는 1950년대에 국방부의 지원을 집중적으로 받았던 양자 고체물리학 분야가 근본원리보다는 응용과 기기에 경도되는 방향으로 발전했음을 지적하고 있다. Paul Forman, “Behind Quantum Electronics: National Security As a Basis for Physical Research in the United States, 1940-1960,” *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 18:1 (1987), 150-229.

- 25) 기업의 변화는 Hounshell, “Evolution of Industrial Research,” pp. 43-49; Smith, “Scientific Tradition,” on p. 128; Knowles and Leslie, “Industrial Versailles”을 참조. 카네기-멜론 대학의 설립은 John W. Servos, “Changing Partners: The Mellon Institute, Private Industry, and the Federal Patron,” *Technology and Culture* 35 (1994), 221-257을, 케이스웨스턴 대학에 대해서는 Darwin H. Stapleton,

변화는 대학의 과학에만 찾아온 것도 아니었다. 미국의 공학교육은 전통적으로 연구를 경시했었는데, 1945년 이후에는 많은 대학의 공학교육에서 물질이나 공학원리와 관련된 이론적인 문제를 다루는 연구를 강조하기 시작했다. 공학교육에서 연구가 강조되면서 공학은 과학에서 방법론뿐만 아니라 지향점과 가치를 빌어오기 시작했다. 미국 공학교육의 변화에는 기술이 복잡해지면서 응용만을 강조하던 미국식교육보다 이론을 가르치던 유럽식 교육이 더 설득력을 가지게 되었다는 이유도 있었고, 미국의 엔지니어들이 전쟁 기간 동안에 과학자들과 함께 작업을 하면서 과학의 위력을 직접 경험했다는 이유도 있었지만, 무엇보다 1950년대 이후에 연방정부의 늘어난 지원을 얻어내기 위해서는 공학이 단기적인 응용보다는 과학적 원리에 기초한 연구를 지향해야 한다는 실질적인 이유가 있었다. 공과대학에서 연구를 중요시하면서 공과대학의 문화도 변했다. 1945년 이전에는 실제 현장경험이 많은 교수들이 공대 내에서 존경을 받았다면, 1960년대가 되면 마치 과학자들처럼 가장 이론적인 연구를 하고 이 독창적인 연구를 학술지에 발표하는 교수들이 존경의 대상이 되었다.²⁶⁾

기초과학을 발전시키면 기술혁신이 뒤따르고, 기술혁신으로부터 경제의 성장, 시민의 건강과 국방의 강화가 이루어진다는 유토피아적인 부시의 “선형 모델”의 정당성은 1960년대 말엽에 확고히 입증된 것처럼 보였다. 그렇지만 1960년대 말엽은 또 다른 변화의 시작이었다.

3. 1970년대 이후 정부 정책의 변화와 대학과 기업에서의 과학연구 성격의 변화

1950년 NSF의 설립 이후 사회와 과학 사이에는 대략 <사회는 장기적인 효과를 염두에 두고 기초과학을 지원하되 어느 기초과학이 지원 대상이 될 것인가는 사회가 아니라 과학자사회의 전문심사(peer review)가 결정하며 대신 과학자들은 지원 대상의 설정과 연구의

“The Faustian Dilemma of Funded Research at Case Institute and Western Reserve, 1945-1965,” *Science, Technology, and Human Values* 18 (1993), 303-314 를 볼 것. 전후 스탠포드 대학의 확장은 Rebecca S. Lowen, “‘Exploiting a Wonderful Opportunity’: The Patronage of Scientific Research at Stanford University, 1937-1965,” *Minerva* 30 (1992)를, 산학협동의 시작에 대해서는 AnnaLee Saxenian, *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1994)를 참조.

26) 1945년 이후 미국 공학교육의 변화는 Bruce Seely, “Research, Engineering, and Science in American Engineering College, 1900-1960,” *Technology and Culture* 34 (1993), 344-386. 과도하게 과학화된 공학교육에 대한 비판으로는 Eugene S. Ferguson, *Engineering and the Mind’s Eye* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1992)가 있다.

수행에서 공정하고 규범에 충실해야 한다>는 “계약”이 성립되었다. 연방정부의 정책은 기초연구에 초점이 맞춰졌는데, 이러한 정책의 기초에는 기초과학을 지원하면 그 결과는 많은 사람들이 공정하게 접근할 수 있는 지식 즉 공공재(public good)로 사회에 환원되고 그 지식을 기반으로 기업이 새로운 상품이나 공정의 혁신을 가져올 수 있다는 믿음이 있었다. 대신 응용연구나 기술에 대한 정부의 지원은 기초연구를 소홀히 하는 결과를 낳는다는 문제 이외에도, 특정 기업을 유리하게 하는 결과를 낳아서 시장을 교란한다는 비판의 소지가 있었다. 1950년대에는 대기업들도 신상품의 개발을 통한 미래의 독점적 우위를 유지하기 위해서 기초과학에 투자했다.²⁷⁾

1960년대 말엽부터 기초과학연구에 대한 연방 정부의 아낌없는 지원이라는 정책에 변화가 나타나기 시작했다. 우선 찾아온 것은 정치적 상황의 변화였다. 1960 년대를 통해서 과학기술의 발전에 대한 회의적이고 비판적인 목소리가 사회의 각 층에서 표출되었다. 아이젠하워는 PSAC를 만들고 과학자들로부터 많은 자문을 구했던 대통령이었는데, 그 자신이 1961년 고별사에서 “공공 정책이 과학기술 엘리트의 포로”가 될 수 있으며 “군산복합체를 경계”해야 한다는 우려를 표명했다. 1962년 기술문명의 위험을 경고한 칼슨의 『침묵의 봄』과 과학적 합리성에 질문을 던진 쿤의 『과학혁명의 구조』가 출판되어 큰 반향을 얻었다. 과학기술에 대한 회의는 미국이 베트남전에 개입하고 반전운동이 확산되면서 급격히 그 수위가 높아졌다. 급진적 학생과 지식인들이 대학의 전쟁 무기관련 연구를 격렬하게 비판했고, MIT의 장비기기연구소와 같은 대학 연구소를 공격했다. 미국의 베트남 참전에 대한 반대 여론은 국가 전체를 휩쓸었으며, 1969년 3월 4일 MIT의 대학원생들과 일부 교수들은 전쟁연구를 반대하면서 하루동안 “연구중단”을 선언하여 과학자들의 사회적 책임감의 중요성을 강조하기도 했다.²⁸⁾ 이러한 비판에 직면해서 MIT 장비기기연구소는 이름을 트레이퍼 연구소로 바꾸고 연구 주제도 민간연구 쪽으로 선회했으며, 미국 정부는 1970년에 맨스필

27) 1950년대와 60년대 초엽의 기간 동안에 기초연구에 대한 믿음이 거의 ‘맹신’에 가까운 정도로 컸음을 잘 보여주고 있는 분석으로 Daniel S. Greenberg, *The Politics of Pure Science* (1967) (Chicago: University of Chicago Press, 1999)가 있다. 국립과학아카데미에 엔지니어들을 거의 받아들이지 않아서 엔지니어들이 1965년에 국립엔지니어링아카데미를 따로 만든 예나, 소아마비 백신을 발명한 소크(J. Salk)를 독창성이 없는 응용과학자로 간주하고 국립과학아카데미 회원으로 선정하길 거부했던 예는 당시 미국과학계의 ‘순수과학’에의 집착을 잘 보여준다. 과학과 사회 사이의 “계약”의 개념에 대해서는 David H. Guston and Kenneth Keniston, “Introduction: The Social Contract for Science,” in David H. Guston and Kenneth Keniston eds., *The Fragile Contract: University Science and the Federal Government* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1994), pp. 1-42를 볼 것.

28) Everett Mendelsohn, “The Politics of Pessimism: Science and Technology circa 1968,” in Y. Ezrahi et al. eds., *Technology, Pessimism, and Postmodernism* (Kluwer, 1994), pp. 151-173.

드 수정조항(Mansfield Amendment)을 통과시켰고 이는 국방부가 군사방위와 명백하게 관련이 없는 대학의 연구를 지원하는 것을 금지했다. 비록 맨스필드 수정조항은 1971년에 철회되었지만 대학으로 유입되는 국방부의 지원금의 감축은 다시 회복되지 못했다. 국방부의 지원은 1969년에 연방정부의 전체 지원 중 17%를 차지했으나, 1975년에는 8%로 감소했다. 액수로는 1969년에 2억7천9백만 달러이던 국방부 지원금이 5년 뒤에 1억8천4백만 달러로 감소했다. 경제적 상황도 예전같지 않았다. 1973년에는 오일쇼크가 왔고, 70년대 중반부터 경기침체가 뒤따랐다. 정부는 NSF에 사회적인 공정성과 유용성이 분명한 연구를 지원하는 새로운 프로그램(Research Applied to National Needs, RANN)을 만들었으며, NIH의 지원도 암연구(War on Cancer)에 집중하도록 조정했다. NASA는 1969년에 사람을 달에 보내는 임무를 완수하고 그 이전처럼 대규모 예산을 쓰기 힘들었다. 정부의 연구비 지원의 방향도 물리학과 전자·컴퓨터 공학에 편중되었던 것을 벗어나 의학과 생명과학을 예전보다 더 지원하는 방향으로 선회했다. 게다가 주정부의 대학에 대한 지원도 같은 시기에 급격히 감소했다.²⁹⁾

변화는 기업의 기초과학 연구에도 찾아왔다. 1950년대를 통해 기업연구소들은 기업 내에서의 그 지위가 높아졌고, 마치 대학과 비슷한 구조를 가진 건물을 지었으며, 기업 경영층은 이에 많은 예산을 쏟아부었다. 그렇지만 이러한 노력에도 불구하고 30년대 듀폰의 나일론의 신화는 재현되지 않았다. GE는 연구실의 현란한 결과들을 상품화하는 데 실패했고, 기초연구에 많은 비용을 투자했던 코닥도 새로운 사진기술을 개발하지 못했다. 1970년대에 RCA의 연구소는 비디오디스크를 개발했지만 이는 일본의 비디오테이프와의 경쟁에서 패배했다. 듀폰은 신발을 만들 수 있는 코르팜 인조가죽을 개발했지만 이 제품은 생가죽보다 경제성이나 만족도에서 소비자의 관심을 끌지 못했다. IBM의 경영진들은 연구와 개발을 분리했던 자신들의 정책이 올바른 것이었는가에 대해 회의를 표시하기 시작했다. 기업은 연구소 예산을 동결하기 시작했고, 이는 1960년대 이후 인플레이션의 기간동안에 실질적인 연구비 감소라는 결과를 낳았다. 이 기간 동안에 연구와 생산과의 밀접한 결합은 생산라인에서 지리적으로 독립되어있던 독자적인 연구센터가 아니라 공장 근처에 위치한 소규모 연구소들을 중심으로 주로 나타났다.³⁰⁾

29) Geiger, "What Happened after Sputnik?" pp. 365-367; Guston and Keniston, "Introduction: The Social Contract for Science," on p. 14. NSF의 RANN은 1971년에 출범했다. 1972년 RANN은 전체 NSF지원 중 8.6%를 차지했으나 1974년에는 13%까지 증가했다. RANN은 78년에 중단되었다.

30) 1960년대 후반부터 나타난 기업 연구의 변화는 Hounshell, "Evolution of Industrial Research," pp. 50-51; Smith, "Scientific Tradition," p. 129-131; Margaret B. Graham, "Industrial Research in the

1960년대에 들어와서는 기초연구에의 투자가 기술혁신을 낳고 이것이 국가경제의 발전을 가져온다는 “어셈블리라인”(assembly-line) 식의 부시의 “선형 모델”에 대한 본격적인 학문적 검토가 시작되었다. 그런데 그 중에는 이 모델의 타당성에 상당한 타격을 가하는 연구결과가 등장했다. 1963년에 OECD에 의한 한 연구는 선진국 국가들의 연구개발비 투자와 GNP사이에 상관관계가 있음을 주장했지만, 이와는 정 반대로 연구에의 투자와 경제 성장이 (전 국가적 차원에서건 회사 수준에서건) 거의 아무런 상관도 없음을 보여주는 연구도 속속 등장했다. 한 경제학자는 의회에서 기초과학에의 지원은 “예전에 사회가 종교적 진실 추구를 지원해야 한다고 생각한 것”만큼이나 불투명하고 문제가 많다고 보고했으며, 1960년대 후반부터는 기술사학자들이 부시의 “선형모델”에 반론을 제기했다. 기술은 응용과학이 아니라 그 자체가 독특한 방법론을 가진 나름대로의 ‘과학’이자 ‘지식’이며, 과학과 기술의 관계는 과학의 발전이 기술을 낳는 것이 아니라 대등한 두 지식체계 사이의 상호작용으로 보아야 한다는 것이 이들의 주장이었다. 기술사학자들은 기술의 역사를 통해 중요한 기술혁신이 순수과학 연구로부터가 아니라 독자적인 기술적 기반에서 이루어지는 것이 일반적인 유형임을 강조했는데, 국방부의 용역을 받아 20세기 군사무기기술의 발전을 추적한 ‘하인드사이트 프로젝트’(Project Hindsight)는 핵심적인 군사기술 대부분이 순수과학이 아닌 기존 기술(92%)이나 응용과학(8%)의 기반 위에서 발달했다는 보고서를 출간해서 논쟁을 불러일으켰다.³¹⁾

연방정부의 과학기술 정책과 관련해서 볼 때 1970년대와 1980년대를 통해 계속 논의의 대상이 되었던 것은 과학기술 지원기관과 정책의 중앙집중화였다. 미국 대학의 연구는 NSF, NIH, 국방부, 에너지성(Department of Energy: AEC가 1970년대 초반에 확대 개편된 조직), NASA와 같이 거의 독립적인 정부부처와 기관들에 의해 지원되었다. 이러한 ‘다원주의’(pluralism)는 연구자가 지원 기관의 눈치를 안 보고 연구에 전념할 수 있다는 이점과 여러 기관에서의 지원을 합쳐서 그 효과를 최대화할 수 있다는 이점이 있었지만, 정부

Age of Big Science,” *Research on Technological Innovation, Management and Policy* 2 (1985), 47-79를 참조.

- 31) 1960년대-70년대를 통해 R&D와 경제성장 사이의 상관관계에 대한 경제학자들의 논쟁에 대해서는 Bruce Williams, “The Economic Impact of Science and Technology in Historical Perspective,” *Minerva* 20 (1982), pp. 301-312를 참조. 과학과 기술의 관계에 대한 기술사학자들의 새로운 주장은 George Wise, “Science and Technology,” *Osiris* 1 (1985), 229-246, 특히 pp. 233-237에 잘 요약되어 있다. 홍성욱, “과학과 기술의 상호작용: 지식으로서의 기술과 실천으로서의 과학” 『생산력과 문화로서의 과학 기술』 문학과 지성사 1999, 193-220 쪽도 유용하다. 하인드사이트 프로젝트에 대해서는 Chalmers W. Sherwin and Raymond S. Isenson, “Project Hindsight,” *Science* 156 (1967), 1571-1577을 참조. 문단 중간의 인용은 Wise, “Science and Technology” on p. 233.

로 보서는 과학-기술-산업을 연계시키는 효과적이고 통일적인 정책을 계획하기 힘든 단점이 있었다. 부분적으로 이러한 단점을 보완하기 위해서 아이젠하워 행정부는 PSAC를 만들었고 케네디 대통령은 1962년에 대통령 직속으로 과학기술실(Office of Science and Technology, OST)을 만들었지만 PSAC는 정부 내에서 과학엘리트들의 영향력을 키웠을 뿐이고 OST는 그리 효과적이지 못했다. 닉슨 행정부는 OST를 폐지했지만 이는 카터 행정부에서 예산국 산하의 과학기술정책실(Office of Science and Technology Policy, OSTP)로 새롭게 재건되었다. 새로 개편된 OSTP는 연구 지원기관의 예산을 검토·조정하는 일을 부여받았는데, OSTP가 실제 예산의 통제 권한이 없는 상태에서 그 구성은 각 지원기관의 대표로 이루어졌기 때문에 효과적인 조정기능을 발휘할 수 없었다. 미국 과학기술정책의 분산적 성격과 다원주의는 2차 대전 이후 1945-50년 사이에 정착하고 확고하게 굳어져서 근본적으로 바꾸기 힘들어진 제도였다.³²⁾

정책의 중앙화는 1945년 이후 NSF에 대해 부시의 안과 킬고어의 안을 놓고 과학자들과 정치인들이 논쟁을 할 때에도 첨예하게 대립했던 문제였다. 킬고어의 안은 정부의 지원대상을 순수연구와 응용연구로 설정했고 연구의 유용성을 심사하는 기구에 중소기업 대표를 포함한 사회 각 계층의 대표를 참여시키는 것을 명시했다. 반면에 부시의 안은 기초연구만을 지원대상으로 잡고, 지원대상의 선정은 과학자사회에 의해 이루어지는 것을 원칙으로 하고 있었다. 즉 킬고어의 안이 ‘과학기술’정책을 포괄하는 중앙집중적 기구를 두는 것이었음에 반해서, 부시의 안은 대학의 과학연구를 지원하면 기업의 기술혁신이 자동적으로 뒤따른다는 것을 전제로 한 것이었다. 그렇지만 1970년대부터 기업의 혁신 사례에 대한 연구는 기술혁신의 과정이, 다양한 기술 디자인의 발전 단계에 중층적인 과학 지식과 시장의 요구가 복잡한 피드백 루트로 거미줄처럼 연결되어있는 과정이지 그 동안 믿었던 것처럼 어셈블리라인 식의 선형모델과는 거리가 있다는 것을 드러냈으며, 1980년대에 접어들면서 일본의 부상이 뒤따랐다. 기초연구에 투자를 덜하는 일본 기업이 이런 현격한 기술혁신의 예가 소개되면서 미국이 대학의 순수연구의 결과를 신상품과 공정을 변화시키는 방향으로 충분히 사용하지 못하고 있다는 것이 비판의 대상이 되었던 것이다. 학술지에 출판된 기초

32) Sylvia D. Fries, “The Ideology of Science during the Nixon Years: 1970-76,” *Social Studies of Science* 14 (1984), 323-41; 1987년에 하원과학위원회 의장 조지 브라운(George Brown)은 미국의 연구비 지원 기관을 전부 산하에 포괄하는 연방과학기술부를 만드는 법안을 상정했지만 법제화하는 데에는 실패했다. Kleinman, *Politics on the Endless Frontier*, pp. 176-182. 대학지원을 포함한 미국 정부의 과학기술정책에 대해서는 고대승, 『대학의 과학연구 지원체계의 비교연구: 한·미·일 대학을 중심으로』 고려대학교 대학원 박사학위논문 2000도 도움이 된다.

과학 연구 결과가 일본과 같은 경쟁국에 의해 자유롭게 사용되어 미국의 기업을 위협하고 있다는 비판도 제기되었으며, 1970년대 후반부터 미국의 기업가들은 정부의 과도한 규제 때문에 미국 산업이 혁신에서 뒤처진다고 입을 모으고 미국을 “재산업화”(reindustrialization)해야한다고 주장했다. 카터 행정부 시절에 대통령 과학자문위원을 지낸 프레스(Frank Press)는 대학의 과학연구와 산업의 혁신 사이에 존재하는 지체(lag)를 줄이는 것을 연방정부의 목표로 설정했다.³³⁾

연방정부의 연구비 지원은 1970년대 말부터 다시 호전되었다. 1978년 이후 연구개발에 대한 투자는 10년간 매년 평균 12%씩 증가했으며, 1987년에는 과학 및 공학분야의 연구개발 활동을 위한 예산이 120억불에 달했다. NSF를 통한 대학 연구비 지원도 1980년대 초반에 다시 활성화되었다. 특히 80년대 초반에 국방부가 지원하는 기초연구비가 약 30% 가까이 증액되었다. 그렇지만 연방정부의 총 연구개발비 예산의 증가에도 불구하고 대학으로 유입되는 정부의 연구비는 상대적인 감소 추세를 보였다. 1977-87년의 기간 동안에 연방정부 연구기금의 연 증가폭은 4%였고, 민간의 경우는 7%였다. 기업의 연구개발에의 투자는 1983년에는 미국의 총 연구개발 투자의 39%에서 1993년에는 50%로 증가했다. 더 중요한 것은 리건 행정부의 정책이 카터 행정부에서 놓여진 정책기조를 좇아서 대학과 기업 사이에 지식의 흐름을 원활하게 함으로써 기업의 혁신을 촉진하는 방향으로 실질적으로 변화했다는 것이다. 그렇지만 응용연구나 개발연구를 지원할 경우에는 정부가 특정 기업을 봐준다는, 즉 정부의 정책이 “기업복지”(corporate welfare) 정책이라는 비판에 직면할 수 있었다. 따라서 리건의 공화당 행정부가 취한 정책은 기업에 대해서는 반독점법을 완화하고 대학에 대해서는 지적 재산권을 강화한 것이었다. 1980년에 통과된 베이돌(Bayh-Dole) 법안은 대학이나 중소기업이 연방정부의 연구비를 받아 수행한 연구결과를 자체 내에서 특

33) 70년대 이후 기술혁신을 새롭게 조명한 연구로는 James M. Utterback, “Innovation in Industry and the Diffusion of Technology,” *Science* 183 (15 Feb. 1974), 620-626; John Walsh, “Scientific Opportunities Syndrome: Invoking the British Experience,” *Science* 190 (24 Oct. 1975), 364-66; R.R. Nelson and S.G. Winter, “In Search of Useful Theory of Innovation,” *Research Policy* 6 (1977), 36-76; Stephen J. Kline and Nathan Rosenberg, “An Overview of Innovation,” in Ralph Landau and Nathan Rosenberg eds., *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth* (Washington D.C.: National Academy Press, 1986) 을, 일본에 대한 분석으로는 Edward Feigenbaum and Pamela McCorduck, *The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World* (Brighton, 1983) 참조. 카터 행정부 말엽의 과학기술정책 변화에 대해서는 David Dickson and David Noble, “By Force of Reason: The Politics of Science and Technology Policy,” in Thomas Ferguson ed., *The Hidden Election: Politics and Economics in the 1980 Presidential Campaign* (NY: Pantheon Books, 1981), pp. 260-312 참조.

허화해서 상품화할 수 있는 길을 열었다. 이후 대학의 특허는 1980년-1990년 10년 사이에 240% 증가했다. 같은 해 통과된 스티븐슨-와이들러(Stevenson-Wydler) 법안은 연방연구소가 기업이나 대학과 “협동연구개발계약”(Cooperative Research and Development Agreements, CRADAs)을 맺는 것을 허가했다. 1982년 통과된 중소기업발전법안(Small Business Innovation Development Act)은 NSF와 같은 정부기관이 기업의 연구를 지원할 수 있는 길을 열었다. 1983년에 통과된 희귀제약법(Orphan Drug Act)은 희귀한 병에 대한 약 개발에 세금을 지원했고, 이는 대학 실험실에서 창설된 벤처 제약회사들에게 특히 유리한 입지를 제공했다. 1984년에 통과된 국가협동연구법(National Cooperative Research Act)은 특정한 연구개발에 대해서는 조인트벤처에 독점적 지위를 두지 않는다는 방침을 정했고, 이 법의 제정 이후에 경쟁기업이 협력해서 만든 연구개발 조인트벤처는 94년까지 575개에 달했다. 1986년에 통과된 연방기술이전법(Federal Technology Transfer Act)과 89년의 국가경쟁력기술이전법(National Competitiveness Technology Transfer Act)은 국립연구소나 정부와 계약한 연구센터가 기술을 시장에 상품화시킬 수 있는 길을 열었다.³⁴⁾

1978년부터 산학협동연구소를 지원하기 시작한 NSF는 80년대에 들어와서는 공학을 지원대상에 포함시키고 “범용기술 연구센터”(Centers for Research into Generic Technology, COGENT)를 지원하기 시작했다. 그 결과 1980년대를 통해 신소재, 시스템공학, 집적회로 등을 연구하는 500개가 넘는 “공학연구센터”(Engineering Research Center)가 미국 전역의 대학에 만들어졌고 산학협동연구소를 포함해서 그 수는 1994년에 1,100개로 늘어났다. 공학은 과학과 달리 즉각적인 상업화를 염두에 둔 응용학문이라는 것이 기존의 상식이었다면, NSF의 새로운 정책은 공학연구의 경우 이를 과학연구와 유사한 대상으로 취급할 수 있다는 인식의 변화를 반영한 것이었다. 1975년 하버드 대학과 몬산토사 사이에 2천3백만 불짜리 연구계약이 체결된 것을 시발로, 1980년에 MIT와 엑손이 8백만 불짜리 연구계약을

34) 1980년대 통과된 법안과 이것이 대학 연구에 미친 영향은 Shelia Slaughter and Gary Rhoades, “The Emergence of a Competitiveness Research and Development Policy Coalition and the Commercialization of Academic Science and Technology,” *Science, Technology and Human Values* 21 (1996), 303-339를 참조. Slaughter와 Rhoades는 이 변화가 “Cold War/Cancer War coalition”에서 “Competitiveness coalition”으로의 변화라고 주장하고 있다. David C. Mowery, “Collaborative R&D: How Effective Is It?” *Issues in Science and Technology* 15 (Fall 1998), 37-44, on p. 38에도 80년대 변화가 잘 요약되어 있다. 1980년대 후반 이후 경쟁력을 강조하고 지식의 상품화를 꾀하려했던 정책 변화는 미국에만 국한된 것이 아니다. Sheila Slaughter and Larry L. Leslie, *Academic Capitalism: Politics, Policies, and the Entrepreneurial University* (Baltimore and London: Johns Hopkins University Press, 1997)은 이러한 변화가, 비록 약간의 정도 차이는 있지만, 영국, 미국, 호주, 캐나다에 다 공통적으로 있었던 변화임을 보여주고 있다.

체결하고 1981-82년 사이에 미국 반도체 기업연합과 화학회사들이 수백만 불이 넘는 연구 기금을 만들어 대학의 연구를 지원하기 시작함으로써 기업-대학의 새로운 파트너십 시대를 열었다. 대학과 기업 사이에는 지식, 기술, 인력의 교류가 잦아졌고 이를 반영하듯이 대학연구자와 기업연구자의 공동논문은 80년대를 통해서 전체 논문의 22%에서 35%로 증가했다. 1980년대 후반부터는 특정 기술에 대한 정부의 직접적 지원이 조심스럽게 시도되었다. 미 정부는 기업의 특정한 연구개발을 위한 콘소시아를 지원하는 정책을 시작했고 반도체 기업들이 미국 반도체 산업을 중흥시키겠다는 목표로 1987년에 만든 콘소시엄 세마테크(SEMATECH)는 17개 반도체 기업, 텍사스 주정부에서 지원을 받고 DARPA를 통해 연방정부로부터 매년 1억불을 지원받았다. 1988년, 민주당 상원의원 존 글렌(John Glenn)은 기업들 사이에 국제 경쟁이 심해지는 마당에 ‘경쟁력 강화를 위해서 민간부문을 위한 DARPA인 ACTA(Advanced Civilian Technology Agency)를 만들어야 한다고 제안했지만, 결국 이 ‘민간 DARPA’가 기업들 중에 승자와 패자를 가르게 된다는 반대에 부딪혀서 부결되었다. 대신 국립표준국(National Bureau of Standards)을 국립표준및기술연구소(National Institute of Standards and Technology, NIST)로 개편하고, NIST 산하에 기업의 기술개발을 지원하는 고급기술프로그램(Advanced Technology Program, ATP)이 신설되었다.³⁵⁾

과학연구의 성격의 변화도 정책 변화를 낳은 중요한 요인이었다. 1973년 스탠포드대학의 분자생물학자 스탠리 코헨(Stanley Cohen)과 UC 샌프란시스코 대학의 허버트 보이어(Herbert Boyer)는 유전자재조합법(recombinant DNA)에 대한 논문을 출판했다. 이들은 자신들의 유전자재조합법이 특허로 보호받을 수 없는 공공적인 과학지식이라고 생각했지만, 스탠포드 대학의 기술라이센싱국의 라이머스(N.J. Reimers)는 코헨에게 이에 대한 특허를 출원할 것을 종용했다. 결국 이렇게 출원된 특허는 1980년 차크라바티(A. Chakrabarty)의 기름먹는 박테리아에 대한 특허와 함께 대법원에서 승인되었고, 다음해인 1981년 스탠포드 대학은 31개 회사와 배타적 라이선싱을 체결해서 1백 4십만 달러의 로열티 수입을 올리는데 성공했다. 유전자재조합법과 인간이 만든 박테리아에 특허가 부여되기 2-3년 전부터 이

35) "US Technology Strategy Emerges," *Science* 252 (5 Apr. 1991), 20-24; Kleinman, *Politics on the Endless Frontier*, pp. 179-180. 1984년 과학, 공학, 기술을 둘러싼 다양한 입장의 차이는 1984년 *Science* 지에 실린 세편의 editorial(27 Jan.; 10 Feb.; 6 Apr)에서 잘 드러난다. 또 다른 변화는 1980년대를 통해서 NSF의 지원이 개별연구자의 지원에서 팀·센터를 지원하는 방향으로 조금 선회했고, NIH에서도 개인의 지원에서 팀지원이 증가하는 경향을 보였다는 것이다. Slaughter and Rhoades, "Emergence of a Competitiveness," pp. 326-27.

미 과학계와 기업은 물론 정부도 생명공학의 잠재력을 인식했다. 유전자재조합법을 공동 발견한 보이어는 벤처기업가 스웬슨(Robert Swanson)과 합작해서 1976년에 첫 생명공학 벤처기업인 제넨테크(Genentech: Genetic Engineering Technology)사를 설립했다. 이 회사는 1978년에 생명공학적으로 합성한 인슐린을 상용화했으며, 상장을 통해서 보이어를 하루 동안에 6천만 불을 벌어들인 갑부로 만들었다. 유전공학에 기반한 생명과학의 급속한 발전과 베이돌 법안은 생명과학, 의학, 약학과 관련된 대학의 특허 출원의 급증을 낳았는데, 1970년대까지 대학 특허의 대부분이 측정과 테스트(measurement and testing)과 같은 공학적인 것이었음에 반해 1980년대 이후는 분자생물학, 약학, 화학, 전기, 그리고 맨 마지막으로 측정과 테스트의 순으로 그 순위가 바뀌었으며, 1965년부터 1994년까지 30년 동안에 미국의 총 특허는 50% 증가했을 뿐이었음에 반해서 대학의 특허는 1,100%만큼 급증했다.³⁶⁾

1990-91년 사이에 미국 정부의 과학기술정책의 목표는 기초과학의 지원에서 기초과학과 기업이 만들어내는 기술상품 사이에 존재하는 광범위한 ‘연구회색지대’를 지원하는 것으로 확연히 바뀌었다. 1991년 초에 대통령 산하의 경쟁력위원회(Council on Competitiveness)는 미국 정부가 군사, 의료 분야의 연구개발을 너무 많이 지원하는 대신에 산업적 개발연구와 에너지 연구에 대해서는 경쟁국인 일본과 독일에 비해서 너무 적게 지원한다는 보고서를 내놓으면서, 정부가 “범용기술”(generic technology)과 “핵심기술”(critical technology)을 지원해야 한다고 강조했다. 범용기술, 혹은 “전(前)경쟁단계의 범용연구”(pre-competitive, generic research)는 연구개발을 기초연구, 응용연구, 개발로 나누었을 때 응용연구의 영역에 넓게 걸치는 것으로서 산업 전반에 걸쳐서 기술혁신과 상품화를 낳을 수 있는 연구였고, 핵심기술은 전자, 소프트웨어, 컴퓨터, 신소재 등 21가지 기술을 포함하고 있었다. 범용연구의 옹호자들은 기초연구와 응용연구의 명확한 구분이 이제는 의미가 없다고 강조하면서, 범용연구를 응용연구라고 하기보다는 기술에 대한 기초연구, 즉 “기초기술연구”(basic technology research)로 간주해야 한다고 주장했다. 범용 연구는 대학-기업-정부가 협력해서 추진해야하는 성질의 것이고, 만약 그것이 성공한다면 대학의 지식의 증진은 물론 새로운 상품으로의 전환을 통해 기업과 사회 모두에 이득을 가져다 줄 수 있기 때문에 정부가 국민의 세금으로 이를 지원할 근거와 필요가 있다는 것이 이들의 주장이었다. 기술 발전과

36) 코헨과 보이어의 특허에 대한 분석은 Sally Smith Hughes, “Making Dollars out of DNA: The First Major Patent in Biotechnology and the Commercialization of Molecular Biology, 1974-1980,” *Isis* 92 (2001), 541-575가 있다. 생명공학이 대학의 연구지형을 바꾼 과정에 대한 좋은 분석으로는 Walter W. Powell and Jason Owen-Smith, “Universities and the Market for Intellectual Property in the Life Sciences,” *Journal of Policy Analysis and Management* 17 (1998), 253-277을 참조.

국가경쟁력이 강조된 데에는 89-90년에 갑자기 냉전이 종식되고 세계화(globalization)가 가속되면서 기업, 국가들 사이에 경쟁이 강화되었다는 배경이 있었다. 세계화에 대해서는 다양한 이론이 존재했고 그에 따라 이에 대처하는 해법도 조금씩 달랐지만, 전자기술 통신·컴퓨터기술, 생명공학, 자동화기술, 재료공학과 같은 신기술의 획득이 세계화시대에 기업과 궁극적으로는 국가의 경쟁력을 높인다는 데에는 의견의 일치를 보았다.³⁷⁾

리건, 부시의 공화당 행정부에 의해 놓여진 정책 기조는 1992년 클린턴의 민주당 행정부가 들어서면서 계승되었을 뿐만 아니라 더 강화되었다. 클린턴은 “우리는 기초과학을 지원하고 국방 연구개발로부터 ‘스핀오프’(spinoffs)를 기대하는 것을 뛰어넘어야 한다”고 선거 캠페인 시절부터 기존의 과학정책을 과학기술정책으로, 혹은 기술정책 중심으로 개편할 것을 천명했었다. 클린턴 행정부의 첫 과학정책 청사진은 “상업기술을 만들기 위해 ‘우연한 발견’(serendipity)에 기대하지 않겠다”는 원칙에 근거한 것이었고 이를 보도한 기사에 『사이언스』(Science)지는 “D(개발)를 강조한 R&D(연구개발) 정책”이라는 제목을 붙였다. 그렇지만 클린턴 행정부의 정책 철학은, 기초연구가 응용연구를 낳고 응용연구가 기술개발을 낳는 것이 아니라, 이 세 요소들이 마치 “생태계”처럼 얽혀있어서 각각의 발전이 다른 영역의 발전에 의존적이라는 것이었다. 이 점에서 1945년 부시의 『과학』의 모델과 결별을 선언한 클린턴은 우선 부시 행정부 시절에 만들어진 핵심기술연구소(Critical Technology Institute)와 고급기술프로그램을 강화했다. 특히 고급기술프로그램은 공화당으로부터 비판을 받으면서도 예산을 10배 이상 늘려서 기업과 국립연구소 사이의 대규모 연구협약을 승인했다. 국방부의 DARPA에 의한 대학의 지원도 군사무기 개발이 아니라 “이중이용기술”(dual-use technology: 군사용으로도 민간용으로도 이용될 수 있는 기술)로 돌려졌다. 1993년에 DARPA가 그 본래 이름이었던 ARPA로 다시 이름을 바꾼 것은 과학기술정책을

37) 경쟁력위원회의 보고서에 대한 분석으로는 Philip H. Abelson, “Technology for America’s Future,” *Science* 252 (10 May 1991), 757을 참조. 새로운 기술 정책에 대해서는 John A. Alic et al., *Beyond Spinoff: Military and Commercial Technologies in a Changing World* (Cambridge, Mass.: Harvard Business School Press, 1992); Lewis M. Branscomb, “America’s Emerging Technology Policy,” *Minerva* 30 (1992), 317-336 등을 볼 것. 하원의 과학기술위원회 의장을 지내고 연방정부의 기초과학 연구 지원을 30년 넘게 옹호했던 조지 브라운(George Brown)도 1992년에는 응용연구와 개발연구를 통해서 경제가 발전해야 과학의 탐구, 종교, 철학, 역사, 예술을 지원할 수 있다고 입장을 바꾸었다. 그는 또 위원회 회의에서 “40년이나 된 [부시의] 모델이 지금은 적합하지 않다”고 언급해서 과학자 사회에 충격을 안겨주기도 했다. George E. Brown, “Rational Science, Irrational Reality: A Congressional Perspective on Basic Research and Society,” *Science* 258 (9 Oct. 1992), 200-201; Philip H. Abelson, “A Changing Climate for Scientific Research,” *Science* 258 (30 Oct. 1992), 723. 부시의 모델에 대한 재응호는 F. Albert Cotton, “Concerning the Future of the NSF,” *Science* 258 (16 Oct. 1992), 379.

경제정책의 핵심에 놓으려했던 정부의 의도를 잘 드러낸 것이었다.³⁸⁾

급속하게 변하는 신기술의 지식원천으로 정부와 기업은 모두 대학을 주목했다. 1990년대에 대학에는 교육과 연구라는 기존의 역할에 덧붙여서 “국부의 창출”이라는 새로운 임무가 부여되었고, 교육정책은 사회정책의 일부에서 경제정책의 일부로 넘어왔다. 이미 1980년대부터 대학 총장과 같은 행정가들은 대학의 역할이 단순히 학자들의 호기심을 만족시키는 연구를 하는 것이 아니라 연구를 통해 산업의 혁신에 기여하는 것이라고 강조하기 시작했으며, MIT처럼 국방부와 NASA의 순수연구 지원에 의존했던 대학들은 연방정부 이외의 대안적 연구 파트너를 찾기 위해 눈을 밖으로 돌렸다. 미국의 연구대학들은 새로운 환경에 적응하기 위해서 대학의 연구분야의 선택과 집중, 산업계와의 파트너십 구축, 동문 등으로부터 기부금과 현금 확대, 등록금 인상 등의 조치를 취했다. 예를 들어, MIT는 연구의 사유화(privatization), 실용적인 연구(pragmatic research)의 강조, 그리고 경영 마인드(entrepreneurship)의 도입을 주장하면서, 자신들이 전통적으로 강세를 보였고 또 범용지식이 중요한 전자공학 분야의 연구에 기업들의 투자를 끌어들이고, 오랜 노력 끝에 생명공학 분야에서도 기업의 지원을 받는데 성공했다. 스탠포드 대학은 스탠포드 공업단지를 통해서 기업들과 공동연구를 가속화하고 기술라이센싱국에서 대학교수들의 연구를 적극적으로 특허화해서 대학 연구비의 10%정도를 충당했다. 미시건 대학은 국방부와 에너지성의 지원이 줄어든 물리과학 분야를 축소하고 대신 생명공학, 의학, 엔지니어링 분야에 대학의 재원을 집중하는 정책을 택했다. 캐나다의 토론토 대학도 1990년대 이후에 연구 기부금의 확대 산학협동연구의 장려, 연구센터의 설립등을 통해서 미국의 대학들과 경쟁할 수 있는 ‘경쟁력’을 키우기 위해 노력하고 있다.³⁹⁾

1980년대 이후 또 다른 변화는 기업이 자체 연구소보다 대학의 연구를 후원하기 시작했다

38) 클린턴 행정부의 과학기술정책은 Eliot Marshall, “R&D Policy that Emphasizes the ‘D’” *Science* 259 (26 March 1993), 1816-1819; George E. Brown Jr., “New Ways of Looking at US Science and Technology,” *Physics Today* 47 (Sep. 1994), 31-35; Lewis M. Branscomb, “Who Should Fund Basic Technology?” *Nature* 392 (12 March 1998), 123-124을 볼 것. 문단 첫머리의 인용은 Slaughter and Leslie, *Academic Capitalism*, pp. 47-48이고, “생태계”와 어셈블리라인의 비교는 Gerhard Sonnert, *Ivory Bridges: Connecting Science and Society* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 2002), on p. 21.

39) Slaughter and Leslie, *Academic Capitalism*, pp. 36-40; B.A. Giamatti, “The University, Industry and Cooperative Research,” *Science* 218 (24 Dec. 1982), 1278-9. 대학의 연구에 대한 대학 총장들의 인식의 변화는 Shelia Slaughter, “Beyond Basic Science: Research University President’s Narratives of Science Policy,” *Science, Technology, and Human Values* 18 (1993), 278-302를 참조. 80년대 이후 MIT, 미시건, 스탠포드, 토론토 대학의 변화에 대해서는 홍성욱, 이두갑, 신동민, 이은경 저, 『선진국 대학연구체계의 발전과 현황에 대한 연구』 과학기술정책연구원 2002, 제 4장 참조.

다는 것이다. 물론 기업으로부터의 후원은 1920년대에도 1960년대에도 있었지만 1980년대 이후의 대학과 기업의 관계는 장기적이고 수백만 달러가 소요되는 대학의 연구를 기업이 기꺼이 지원하며, 대학이 기업으로부터의 후원을 받는 데 거리낌이 없고 (1960년대와 70년대에는 군사적 연구와 마찬가지로 기업에서 청탁받은 연구는 대학의 순수성을 해친다는 생각이 지배적이었다), 대학과 기업이 협력 연구센터, 콘소시아, 엔지니어링 센터, 인력교환, 창업지원 등 다양한 방법을 사용해서 대학에서 기업으로의 지식의 이전을 피하고 정부가 이러한 대학-산업의 새로운 산학협동을 적극적으로 중개한다는 점에서 과거와는 차별성을 가졌다. 대학이 사용하는 연구비 중 기업의 지원은 1980년에 3.9%에서 1989년에는 6.6%로 늘어났다. MIT와 같은 대학은 평균보다 훨씬 더 높은 비율로 기업의 연구비에 의존하고 있다. 기업에 의한 대학의 후원의 증가는 기업과 대학의 이해가 일치했기 때문이었다. 우선 기업은 자체 연구소의 기초연구를 대폭 축소했다는 배경을 가지고 있었다 예를 들어, 1959년에 듀폰의 회장 그린윌트(Crawford Greenewalt)는 기업 내의 기초연구가 새로운 상품과 공정을 낳을 것이라는 데에 낙관적이었지만, 1980년 초엽부터 듀폰은 기초 지식을 자체 연구소가 아니라 외부에서 찾는다는 쪽으로 정책을 바꾸었다. 연구소에 박사학위 소지자를 고용하는 비율을 줄이는 대신에 조인트벤처, 연구계약, 대학과 기타 연구소들에서 자신들이 필요한 지식을 찾는 것이다. IBM은 1993년에 연구인력을 20% 삭감했고, 예전의 'IBM 대학'의 분위기는 더 이상 찾아보기 힘들다. 이는 RCA나 AT&T도 비슷한 실정이다. 기업은 당장 상용화될 가능성이 없는 기초연구나 위험이 큰 연구를 자신들의 연구소에서 수행하기보다는 조인트벤처나 대학과 같은 외부기관에서 수행하도록 하는 정책을 선호하게 되었고, 대학은 이미 1980년대부터 기업과의 파트너십을 적극적으로 모색했다는 점에서 대학과 기업의 이해가 일치했던 것이다.⁴⁰⁾

40) 80년대 이후 대학-기업의 관계에 대해서는 Roger L. Geiger, "Milking the Sacred Cow: Research and the Quest for Useful Knowledge in the American University since 1920," *Science, Technology, and Human Values* 13 (1988), 332-348; idem., "The Ambiguous Link: Private Industry and University Research," in William E. Becker and Darrell R. Lewis eds., *The Economics of American Higher Education* (Boston: Kluwer, 1992), pp. 265-297 참조. 90년대 이후의 기업연구소의 변화는 다음의 문헌이 유용하다. Philip H. Abelson, "Evolution of Industrial Research," *Science* 265 (15 July 1994), 299; Richard S. Rosenbloom and William J. Spencer, "The Transformation of Industrial Research," *Issues in Science and Technology* 12 (Spring 1996), 68-74; Colin Macliwain, "Industrial Research Booms in US, despite Job Cuts at Large Labs," *Nature* 391 (19 Feb. 1988), 723. Varma와 Worthington은 기업 연구소의 연구 스타일의 변화를 autonomous model에서 linkage model로의 변화로 파악하며, 이 과정에서 연구소 과학자들의 독립성과 실험에 대한 통제권, 연구기간이 다 줄었음을 보이고 있다. Roli Varma and Richard Worthington, "Immiseration of Industrial Scientists in Corporate Laboratories in the United States," *Minerva* 33 (1995), 325-338. 대학과 기업의 파트너십이 완벽한 것은 결코 아니다. 기업

기업이 자체 연구보다 대학을 포함해서 외부의 다양한 기관에의 의존도를 높이는 데에는 혁신적으로 새로운 기술을 상업화시키는 과정이 한 기업의 역량으로 이루기 힘들 정도로 복잡해 졌다는 데에도 그 이유가 있었다. 전자공학 분야와 컴퓨터 소프트웨어에서 경쟁 기업 간의 연합이 나타났지만, 이러한 새로운 스타일의 연구 모델을 주도한 분야는 생명공학 분야였다. 생명공학이 새로운 의약품 개발에 결정적인 역할을 할 수 있다는 것이 드러나면서, 자체 연구개발에 막대한 예산을 투자하던 기존의 거대 제약회사들이 벤처기업과 대학에 투자하거나 이들과 연구·지적재산권에 대한 협약을 체결하는 것이 잦아졌다. 여기에 생명공학 벤처기업들은 자신들의 모태였던 대학의 실험실과 밀접한 연관을 지니면서 연구를 했고, 이는 다시 대학-거대 제약회사-벤처기업-정부 연구소 사이에 네트워크를 낳았다. 특히 지식이 하루가 멀다하고 변하고, 유전병을 일으키는 유전자의 발견과 같은 과정이 복합 연구팀의 역할분담과 협동을 통해서 가능한 특성 때문에 생명공학 분야에서는 특히 이러한 연구 네트워크의 형성이 일반적인 현상이 되었던 것이다. 수십 개의 연구기관에 속해있는 백 명이 넘는 사람들이 공동연구를 해서 논문을 쓰는 경우에서 볼 수 있는 것처럼, 생명공학 분야에서는 급변하는 지식이 한 연구팀에 의해 전부 만들어지는 것이 아니라 네트워크를 통해서 만들어지는 경향이 있었고, 따라서 기업으로서는 자체 연구소에서 문을 걸어 잠그고 연구개발에 몰두하는 것보다 대학이나 다른 연구기관과 네트워크를 형성하는 것이 더 중요해졌던 것이다.⁴¹⁾

4. 맺는 말: 과거, 현재, 그리고 미래

과학연구를 수행하는 주체는 19세기에 대학부터 시작해서 20세기에는 기업과 정부로 확산되었다. 대학에서는 석박사 교육과정과 맞물려서 실험실과 세미나 위주의 연구가 이루어

이 대학으로 하여금 연구하길 원하는 주제는 대부분 응용연구이고, 이는 대학의 기초연구 비율을 1970년대 77% 선에서 94년에 64%로 떨어뜨렸다. 기업은 기업 나름대로 지적재산권과 관련해서 다른 기업과의 공동연구보다 대학과의 공동연구에 더 어려움이 크다는 보고를 내놓고 있다. Linda R. Cohen and Roger G. Noll, "Privatizing Public Research," *Scientific American* 271 (Sep. 1994), 72-77.

41) 생명공학 연구의 네트워크는 다음 예에서 잘 볼 수 있다. 1992년 이스트의 염색체의 염기서열 분석과 특성을 담고 있는 *Nature*에 발표된 논문은 35개의 서로 다른 기관에서 참가한 141명의 과학자를 저자로 하고 있었으며, 유방암을 일으키는 BRCA1 유전자에 대한 논문은 NIH, 바이오벤처회사, 유타 메디컬센터의 새로운 의료정보학과, 스웨덴의 대학, 슬로언케터링 암센터, 듀크대학의 두 학과의 27명의 과학자들을 저자로 하고 있었다. Powell and Owen-Smith, "Universities and the Market," on p. 266.

졌고, 기업은 독자적인 연구소를 만들어 기초연구를 강조했으며, 정부는 연구의 후원자로 또 때때로는 독자적인 연구기관을 통해 연구의 주체로 기능했다. 지금도 이 세 기관이 과학연구를 포용하고 있다고 보아도 과언은 아니다. 그렇지만 그 내용은 20세기를 통해서 지속적으로 변해왔다. 미국의 경우에 과학자들은 처음에는 사립 재단과 기업에서 대학의 연구에 대한 지속적인 후원을 얻으려고 했지만 실패했고, 2차 대전 이후에 연방정부의 아낌 없는 후원을 받으면서 기업과의 관계도 변화시킬 수 있었다. 기초과학연구의 황금기는 1960년대였고, 그 이후에는 기초과학연구에 대한 믿음에 서서히 균열이 생겨서 최근에는 지원 대상이 되는 연구가 얼마나 세상에 유용한 결과를 내는가를 평가해서 지원을 결정하는 정책 기조가 만들어졌다. 대학의 연구와 공장에서의 생산 사이에 존재하는 커다란 간극을 좁힐 수 있는 다양한 산학연계를 만드는 것으로 정부의 정책이 변화했던 것이다. 또 기초과학연구에 대한 신뢰의 약화와 과학지식의 성격의 변화는 기업이 자체 상품이나 공정 개발에 필요한 연구를 내부 연구소 내에서 모두 만들어 충당하는 것을 어렵게 만들었고, 그 결과 기업은 자체내의 연구소보다는 새로운 지식이 끊임없이 만들어지는 대학에 투자를 하고 대학과 다양한 형태로 협동연구 조직을 만들어나가기 시작했다. 과학과 기술이 더 대등한 상태에서, 아니 어쩌면 기술이 우위를 점한 상태에서, 그 사이의 경계가 흐려졌고, 대학과 기업 사이의 경계, 국립연구소와 사립 연구소의 경계, 경쟁기업 사이의 경계 역시 무너지기 시작했다.

최근 연구대학(research university)의 중요성의 부상과 더불어, 과학기술연구의 성격과 정책의 변화는 과학기술자들만이 아니라 과학기술학자들, 정책이론가들, 경제학자들, 교육 행정가들의 관심의 초점이 되고 있다. 이러한 변화는 “경영가적 대학 (entrepreneurial university)과 경영가적 과학(entrepreneurial science),” 과학-기업-정부의 “삼중나선”(triple helix), “지식생산의 제 1양식에서 제 2양식으로의 변화”와 같이 다양한 개념과 이론적인 틀을 사용해서 분석되고 있다.⁴²⁾ 물론 이러한 변화에는 불확실하고 안정적이지 못한 요소들이 많다. 장기적인 기초연구를 어디서 수행하고 누가 지원해야하는가, 대학의 연구가 기업에 의해 점점 더 좌우되는 지금에 대학의 독립성과 학문의 자유는 어떻게 지켜야 하는

42) Henry Etzkowitz, “Entrepreneurial Scientists and Entrepreneurial Universities in American Academic Science,” *Minerva* 21 (1983), 198-223; Henry Etzkowitz and Loet Leydesdorff, “The Endless Transition: A ‘Triple Helix’ of University-Industry-Government Relations,” *Minerva* 36 (1998), 203-208; Michael Gibbons, Camille Limoges, Helga Nowotny, Mimon Schwartzman, Peter Scott and Martin Trow, *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies* (London: Sage, 1994).

가, 대학들 사이의 부익부와 빈익빈의 심화 그리고 한 대학 내에서 공학과 인문학의 “빈부차”의 심화는 어떻게 해결해야 하는가, 연구에의 몰두가 인재 교육이라는 대학의 중요한 기능을 방기하는 결과를 낳은 것을 어떻게 막아야 하는가라는 문제들이 당장 닥친 문제들이다. 과학지식의 사유화가 단기적으로는 대학이나 기업에 이윤을 안겨줄 수 있지만, 장기적으로는 과학과 기술 모두의 발전에 장애가 될 수 있다는 주장도 신중하게 검토해보아야 한다.⁴³⁾ 그렇지만 이러한 문제가 있다고 해서 최근 연구를 둘러싸고 대학-기업-정부가 보이는 변화가 정책 입안자들이 기초과학연구의 중요성을 이해하지 못해서 빚어낸 산물이라고 보아서는 안 된다. 어떤 개념이나 이론적 틀을 사용해서 이를 이해하건 간에 최근에 미국의 대학-기업-정부에서 볼 수 있는 변화는 1939-1945 년 사이에 만들어졌던 기초과학연구에 대한 무한한 신뢰의 약화, 70년대 이후 기술과 기술혁신과정에 대한 보다 현실적인 이해, 팽창한 대학들 사이에 벌어진 한정된 재원을 둘러싼 경쟁, 전통적인 독점 기업들 사이의 경쟁의 가속화와 세계화, 그리고 과학연구의 네트워크화와 과학지식의 분산화가 결합한 결과이기 때문이다. 최근의 경향은 『과학, 그 끝없는 프론티어』에서 형성되었던 과학과 사회 사이의 “계약”과는 다른 종류의 과학-사회 사이의 “계약”이 만들어지고 있음을 보여주고 있는 것이다.⁴⁴⁾ 미래는 항상 불확실한 것이지만, 과거의 역사가 미래에 대해서 조금이라도 할 말이 있다면 그것은 최근에 볼 수 있는 과학연구의 지형도의 변화는 앞으로 당분간 지속되리라는 것이다.

43) Irwin Feller, “Universities as Engines of R&D-based Economic Growth: They Think They Can,” *Research Policy* 19 (1990), 335-348.

44) 이 논문에서 다룬 내용은 미국의 경험에 국한되어 있다. academic capitalism, entrepreneurial scientists의 등장이 1980년대 이후 다른 선진국에서도 비슷하게 나타나는 현상임에는 틀림없지만, 1945년 이후에 대학의 기초과학에 대한 전폭적이고 거의 무제한적인 사회의 지원은 미국적인 현상이었다. 대학의 기초과학이 이런 지원을 받은 적이 없는 프랑스에서 과학과 사회의 새로운 “계약”을 말하는 것의 문제점은 Blanka Vavakova, “The New Social Contract between Governments, Universities and Society: Has the Old One Failed?” *Minerva* 36 (1998), 209-228 참조.

“과학문화”에 대한 다각적 고찰*

김 영 식

서울대학교 과학사 및 과학철학 협동과정

“과학문화”란 말은 널리 사용되고 있다. 내 자신도 오래 전부터 이 말을 사용했는데, 1985년 한 계간지의 광복 40주년 특집에서 “참다운 과학문화의 형성을 위한 반성과 모색”이라는 제목의 글을 썼던 기억이 난다. 그러나 그 때 내가 “과학문화”에 대한 정확한 뜻을 가지고 그 글을 썼던 것은 아니었고 그 후로도 “과학문화”라는 말을 사용하기는 하면서도 별로 좋아하지 않고 항상 어색한 느낌을 갖게 된다. 그러던 차에 “과학문화”를 주된 연구 대상으로 하는 과학문화연구센터가 발족하게 되었지만, 비단 나 자신만이 아니라 다른 어느 누구도 “과학문화”라는 이 용어나 개념에 대해 뚜렷한 이해가 있는 것 같지는 않다. 사실 “과학문화”가 무엇이라고 정의하기는 지극히 어려운 일인 것이다.¹⁾

따라서 이 글의 첫 번째 부분에서는 이 용어가 의미하는 몇 가지 측면을 살펴볼텐데, 그렇다고 한가지 뚜렷한 정의를 제시하거나 결론을 내리자는 것이 아니라, 오히려 이 말이 사용되는 여러 가지 방식에 대해서, 그리고 그 말이 지니는 여러 가지 의미와 관련해서 생각해 보는 데 주력할 것이다. 그리고 그렇게 생각해 보는 과정에서 과학문화의 그같은 여러

* 이 글은 원래 과학문화연구센터의 2000년도 집단연구의 일부로 수행했고 연구센터의 워크숍 및 연구결과 발표회에서 발표한 연구의 내용을 정리한 것으로, 평생 동안 한국에서의 과학문화 진흥과 관련된 연구, 교육, 계몽 활동을 주도하여 온 송상용 교수의 정년퇴임을 기념하는 특집호에 이 글을 싣게 된 것을 매우 보람있게 생각한다.

1) 나로서는 또 한 가지 비슷한 경우로 “과학사상”이라는 말을 들 수 있는데, 널리 사용되고 있고 내 자신 때로 쓰게 되는 이 말이 정확히 무슨 말을 뜻하는지 몰라 어색할 경우가 많다.

측면들과 내 자신의 분야인 과학사라는 분야가 어떻게 관련이 되고, 과학사의 연구와 교육이 과학문화라는 것을 위해 어떤 역할을 할 수 있나를 생각해 볼 것이다. 글의 뒷 부분에서는 “과학문화”라는 말이 지닌 몇 가지 가능성 중에서 선택을 하거나 결론을 내리지 않고, 이와 분명히 관련된 문제나 측면들—특히 우리 사회에서 현재 두드러져 보이는 측면들—에 대해 살펴보겠다.

1. “과학문화”의 여러가지 의미와 과학사

1) “과학문화”의 여러가지 의미

“과학문화”라는 말은 여러 가지 의미로, 여러 가지 방식으로 사용된다. “과학문화”라는 말을 사용하는 모든 사람이 각각 제 나름의 의미로—때로는 한사람이 여러 가지 의미로—이 말을 사용한다고 할 수 있다. 그리고 그러한 여러가지 의미들을 대략 다음과 같이 분류해 볼 수 있겠다.

(1) 과학문화 1

먼저 “구석기”문화, “철기”문화, “농경”문화 같은 말들이 그 시대의 문화를 지칭한 것과 같은 식으로 현대의 문화를 지칭하는 데 “과학문화”란 말을 사용할 수 있다. 아마도 “과학”이 현대사회의 중요한, 특징적인 생활수단이자 물질적 기초라는 의미에서 “과학문화”라는 말을 사용하는 것이라고 할 수 있다. 그리고 더 나아가서 현재의 문화가 과학이 주가 된, 과학이 주도하는 문화라는 의미에서일 수도 있다. 그렇다면, 이는 현대문화 자체를 그 전체로서 “과학문화”라는 말로 특징짓는 것이 되겠다.

그러면 이 때 “과학문화”를 연구한다는 것은 무엇을 가리킬까? 물론 그것은 넓게 보아서 그냥 현대문화 전체를 연구한다는 뜻이 될 수 있다. 그러나 더 좁게 그것은 현대문화에서 과학이 주가 되는, 과학이 주도하는 특성, 측면들을 연구한다는 것, 또는 현대문화에서 과학에 영향받은, 과학과 관련지어진 측면들을 연구한다는 것이 될 것이고, 어쩌면 이런 것들을 가리켜 “문화의 과학적 측면”(scientific aspects of culture)이라고 말할 수 있을 것이다. 또한 그것은 현대 문화 속에서의 과학의 위치, 역할 의의 등을 연구하는 것이 될 수도 있다. 물론 쉽게 자주 하게 되는 이런 말에서도 역시 뜻이 분명치 않은 문제들을 찾아낼 수 있다. 예를 들어 “문화 속”이란 도대체 무슨 말인가? 사회, 정치, 경제 등의 속이란 말인

가? 그리고 또 “속”이라고 했을 때 그것은 정확히 무엇을 가리키는가? 그러나 이러다 보면 끝이 없어지게 된다. 결국 이런 말들이 무엇을 의미하는지를 대충 안다고 생각하고 진행해야 할 것으로 보인다.

여기서 한 가지 중요한 점은 위에서 말한 이런 측면들이 역사상 어떻게 형성되었고 어떻게 현대사회에 자리잡게 되었나 하는 것인데 이는 과학사의 중요한 과제, 특히 현대과학사의 중요한 과제이다. 이와 관련해서 역사의 다른 분야에서보다 과학사에서는 현대가 더욱더 큰 중요성을 지니는 것도 주목할 만하다.²⁾

(2) 과학문화 2

다음으로 “음식 문화”, “교통 문화”, “놀이 문화”, “여행 문화”라는 말들과 같은 식으로 “과학문화”라는 말을 사용하는 경우를 들 수 있는데, 이는 “과학”이라는 말이 “문화”라는 말을 수식, 한정해서 문화의 한 종류, 한 부분, 한 측면을 가리키는 것이라고 할 수 있다.

그러나 과연 이런 식으로 “과학문화”라고 말하는 것이 가능한 일인가 하는 질문이 제기될 수 있다. 모든 말들이 이렇게 “문화”라는 말 앞에 올 수 있는 것일까? 가령 “철학문화”, “사상문화”, “종교문화”, “음악문화”, “미술문화”라는 말들이 가능한 것일까? 어떻게 보면 당연히 문화의 일부라고 할 수 있는 이런 말들은 “문화”라는 단어의 앞에 오면 어울리지 않는 것으로 느껴진다. 그렇다면 “과학문화”라는 말이 이 말들보다 더 어울리는 것을 볼 때 그것은 그만큼 과학이라는 것이 문화 일반과는 이질적인 면을 지니고 있음을 말해주는 것일까? 그리고 그렇다면 과연 “과학문화”라는 말은 무엇을 의미하는 것일까?

이것을 이번에는 “과학의 문화적 측면”(cultural aspects of science)이라고 말할 수 있겠는데, 이를 더 구체적으로 보면

- 과학의 내용의 문화적 측면
- 과학활동의 문화적 측면
- 과학적 방법, 스타일, 사고방식 등의 문화적 측면
- 과학자, 과학자사회의 문화적 측면
- 과학의 산물의 문화적 측면
- 과학의 이용의 문화적 측면

2) 사실 최근의 과학사의 연구에서 현대의 과학사가 점점 더 중요해 지고 있고, 이는 초창기 과학혁명에 대한—근대 서양문명의 중요한 특성으로서의 근대과학에 대한—관심이 압도적이었던 것과 대조적이다. 현대문화가 지닌 “과학문화”적 특성을 반영한다고 할 수 있겠다.

등을 들 수 있겠고 물론 그 외의 다른 것들도 있을 것이다. 그렇다면 이런 것들의 “문화적 측면”이라고 했을 때 그것은 무엇을 가리키는가?

그것이 바로 과학사, 과학철학, 과학사회학 등을 가리킨다고 손쉽게 말해 버릴 수도 있다. 물론 이것들이 그 자체로서 “과학문화”라고는 할 수 없지만, “과학문화를 연구한다”고 했을 때는 많은 사람들이 이들 분야들을 생각하게 되는 것은 사실인 것이다. 특히 과학사는 이런 문화적 측면을 이해하는 데 도움이 된다고 자주 이야기되고 그런 면에서 과학사 교육의 중요성이 강조되기도 한다. 그리고 실제로 어떻게 과학사가 과학문화의 이해에 도움이 되는가 하는 질문에 대해 뽕족한 대답을 제시하는 것은 지극히 어려운 일이기는 하지만 이것은 과학사 분야에 종사하는 사람들로서는 대답을 해 줄 수 있어야 하는 질문이다. 과학사의 의의가 과학사라는 분야 자체의 학문적 발전에만 있다고 말할 수 없는 이상, 그 외의 다른 의의, 역할을 찾아야 할 것이기 때문이다.

이 질문에 대해 현재 내가 할 수 있는 대답은 지극히 일반적이어서 대답이라고도 할 수 없을지 모르는 것들이다. 우선 손쉽게 할 수 있는 대답은 과거를 이해하면 그에 바탕해서 현재의 이해를 깊게 할 수 있기 때문이라는 아주 원론적 차원의 이야기이다. 반면에 나로서 더 끌리고 믿음이 가는 대답—자세히 뚜렷하게 말하기는 힘들고 어떤 면에서 단지 “느낌”에 지나지 않는다고 할 수 있지만—은 “역사”라는 것에 원래 독특한 “문화적” 측면이 있다는 것, 그리고 문화란 것이 아주 깊은 의미에서 “역사적”이라는 것이다.

(3) 과학문화 3

위의 과학문화1과 과학문화2는 크게 보아서 “과학”과 “문화”를 같은 편에 놓고 그것들이 동질적이고 서로 부합되는 점이 있다고 보는 입장이라고 할 수 있다. 즉, 과학을 문화의 “일부”로 보거나, 혹은 과학이 문화의 “전체적인 속성”을 나타낸다고 보는 입장인 것이다. 그런데 이와는 대조적으로 과학과 문화가 서로 다르다는, 특히 “과학”과 “문화”는 서로 상반된 것이라는 생각에 바탕해서 그것들을 조화(융합)시키려는 생각에서 이 두 단어를 합쳐 “과학문화”라는 말을 사용하기도 한다. 과학이 지닌 전문적, 기계적, 수학적 성격 때문에 문화 일반과 유리된, 상반된, 그래서 조화, 융합되지 않은 느낌이 있는데, 그럼에도 불구하고 이 둘을 서로 조화, 융합시켜야 하겠다고 생각하고 그런 조화와 융합이 이루어진 결과물이 “과학문화”라고 하는 생각이다.

그러면 이런 의미에서 과학문화를 연구한다는 말은 무슨 말이 될 것인가? 과학과 문화를 조화, 융합시키는 방법을 연구한다는 것인가? 그리고 흔히 이런 조화, 융합을 통해 “과

학문화”라는 것을 이루어내는 수단으로 과학사, 과학철학, 과학사회학 등을 생각하는 경우가 많은데, 그렇다면 그러한 것들을 연구한다는 말인가? 또는 과학과 문화와의 대립, 유리, 상반 상태에 대해 연구한다는 말인가? 만약 그렇다면 예컨대 유명한 “두 문화의 문제”(two culture problem) 같은 것이 이에 해당한다고 할 수 있을 것이다.³⁾

그러나 이같은 대립관계에 대해 연구한다고 하는 이야기는 결국 과학과 문화와의 관계에 대해 연구한다는 이야기가 될 테고, 이 때 그 관계를 역사, 철학, 사회학적으로 검토할 수 있을 것이다. 여기서 주목할 만한 점이 있다. 과학과 문화 일반과의 관계는 사실 역사상 계속해서 대립과 조화의 사이를 오락가락해 왔다는 것이다. 17세기 과학혁명을 통한 과학의 획기적 성공은 사람들에게 깊은 인상을 남겼고, 그 영향으로 18세기 계몽운동기에는 과학 애호, 과학 지상주의적 분위기가 팽배했다. 그러나 18세기말과 19세기 전반에는 이에 대한 반발로 낭만주의 사조가 퍼지게 되고 특히 기계적, 수학적 과학, 물리과학 위주에 대한 반발이 두드러졌다.⁴⁾ 19세기말과 20세기 초에 오면 다시 과학주의적 경향이 떨치게 되는데 20세기에 들어와서도 이같은 오락가락은 되풀이되었으며 소련 스푸트닉(Sputnik) 위성 발사, 월남전 등이 계기를 마련해 주었다.

이런 식의 오락가락은 과학에 대한 일반지식인의 뿌리깊은 양면적 태도에서 연유한다. 일반지식인들 사이의 과학에 대한 반감과 무언지 모를 경외심은 적어도 18세기부터는 계속해서 함께 존재해 왔고 오늘날도 널리 퍼져 있다. 그리고 이같은 양면적 태도는 그냥 과학과 문화의 관계만이 아니라, 인간과 자연, 인간과 사회 신과 자연 등 여러 가지 다른 관계에 대한 일반지식인들의 생각과도 관련되어 있다. 과학사의 연구는 이같은 태도의 형성과 변화 과정을 보여 줄 수 있고 그런 연구가 과학사의 연구의 중요한 부분이 될 수 있다. 그리고 이런 면에서 “과학문화 3”에 대한 지금까지의 이야기를 되돌아쳐 보면 결국 과학문화¹과 과학문화²의 측면을 다 아우른다고 볼 수 있다

(4) 과학문화 4

지금까지는 “과학”과 “문화”라는 말들로부터 그것들이 합쳐져 이루어진 합성어로서의 “과학문화”의 의미를 설명해 본 데 반해, 그같은 분석적 설명이 가능치 않은 방식으로 “과

3) Charles P. Snow, *The Two Cultures and the Scientific Revolution* (Cambridge: Cambridge University Press, 1959).

4) Charles C. Gillispie, “The Encyclopedie and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and consequences,” M. Clagett, ed., *Critical Problems in the History of Science* (Madison: University of Wisconsin Press, 1959), pp. 255-288.

학문화”라는 말을 임의로 적당히 사용하는 경우가 있다. 어쩌면 이것은 “과학문화”라는 말의 부정확한, 부적절한 사용례라고 할 수도 있겠지만 실제로 일반인들이 “과학문화”라는 말을 사용할 때는 이런 종류의 의미인 경우가 많다.

우선 전문적인 것과 반대되는 “일반적”, “대중적”인 것을 의미한다는 뜻으로 “문화”라는 말이 사용되는 경우가 많다. “과학문화”라는 말로 과학에 있어, 또는 과학과 관련해서, 전문가 수준에서가 아니라 일반 대중의 수준에서 다룰 수 있는 측면을 그냥 뭉뚱그려서 지칭하는 것이다. 그리고 여기서 내가 쓰고 있는 “다루다”라는 말 또한 “읽다”, “행하다”, “사용하다”, “이해하다” 등 여러 가지 의미로 생각해 줄 수 있다 따라서 이것은 과학을 일반 대중이 접근할 수 있도록 쉽게, 또는 재미있게 만드는 것과도 관련되며 아마도 “과학대중화”가 이같은 의미의 “과학문화”를 목표로 한다고 할 수 있을 것이다. 또한 “과학문화”라는 말이 과학 발전(또는 진흥)을 위한 풍토, 기반 같은 의미로 쓰이기도 한다.

그렇다면 이런 생각에도 위의 과학문화3과 관련해서 살펴본 것과 같은 생각이 깔려 있는 것을 볼 수 있다. 거기에는 과학과 문화의 유리, 대립 상태에 대한 생각과 함께 그것들을 조화, 융합시켜야 한다는 생각이 연관되어 있기 때문이다. 그리고 이런 일을 하는 것, 다시 말해서 과학을 일반 대중이 접근할 수 있도록 쉽게, 또는 재미있게 만드는 것이 과학문화를 “조성”, “육성”, “진흥”하는 것으로 생각하기도 한다. 한편 이런 식으로 “문화”라는 말을 사용하는 것은 비단 “과학문화”에만 국한되지 않는다. 예컨대 “철학문화”라는 말이 그 자체로는 이상하게 들리지만 “철학문화연구소”라고 했을 때는 덜 이상하고, 이 때 바로 이런 의미에서 “문화”라는 말을 사용하는 것으로 보인다.⁵⁾

그러면 “과학문화 4”의 의미에서 과학문화를 연구한다는 것은 무슨 말인가? 그리고 이런 의미에서의 과학문화를 “연구할” 수 있는 것인가? 이런 의미에서의 과학문화를 진흥, 육성, 조성한다는 것은 가능하겠지만 그것을 “연구”한다는 것이 가능한 일인가? 그리고 과연 “철학문화연구소”, “음악문화연구소”에서는 무엇을 하는 것일까? 이들 질문들에 대해서는 나로서는 얼른 대답이 떠오르지 않는다.

(5) 과학문화 5

한편 “과학문화연구”라는 말이 “과학문화”에 대한 연구가 아니라 과학에 대한 “문화적 연구”라는 의미라고 생각할 수 있는데, 이는 엄밀히 말해서는 위의 과학문화 1-4 와 같이

5) 물론 그 외에도 “음악문화연구소” 등 예들은 매우 많다.

놓을 수 있는 성격이 아니지만 편의상 “과학문화 5”라고 하겠다.

그렇다면 과학의 “문화적 연구”란 또 무슨 말일까? 자연현상을 대상으로 하는 “과학적” 연구가 아니라, 과학을 대상으로 하는 “문화적” 연구라는 뜻인가? 만약에 그렇다고 하면, 이는 위의 과학문화2와 비슷한 경우가 되는 것으로 보인다. 사실은 “cultural studies”라는 이름으로 과학사에서 최근 크게 유행하는 것이 바로 이것이라고 할 수 있다. 그러나 “cultural studies of science”라는 이름으로 실제로 행해지고 있는 일들은 주로 사회적, 경제적, 정치적, 심리적 측면에 대한 연구에 치중한다. 그리고 흥미있는 것은 이 경우에는 주로 과학에 대해 비판적 입장에 스는 경우가 많다는 것이다.

(6) 영문

마지막으로 “과학문화” 또는 “과학문화연구”에 해당하는 영문을 살펴보면 “scientific culture”, “science culture”, “culture of science”, “science and culture”, “cultural studies of science” 등 여러 가지 표현이 가능하고 여기에 앞서 이야기한 “cultural aspects of science”, “scientific aspects of culture” 등을 더할 수 있다. 그리고 이것들 각각이 “과학문화”라는 말이 지니는 위에서 살펴본 여러가지 의미 중 어느 것과 연결되어 있을 수 있다.

2) 과학문화와 과학사

“과학문화”라는 말이 지닌 여러 가지 의미에 대해 이렇게 살펴본 후 이제 과학사와 관련해서 잠깐 다시 생각해 보기로 한다.

우선 드는 한 가지 생각은 이제 결국 과학사가 “과학문화”의 역사가 되었다는 것이다. 이런 일은 역사라는 분야가 전체적으로 점점 “문화사”가 되어가고, 과학사에서도 외적인 면이 강조되는 경향과 함께 일어났다. 초창기 과학사가 주로 내적 과학사 위주로서 과학의 이론, 개념, 방법 등을 다루고 때로는 극히 전문적인 내용을 다루던 데서 이제는 외적 과학사에 더 많은 관심을 쏟는 상황이 된 것이다.⁶⁾ 또한 과학사의 실제 상황이 그런 방향으로 나가고 있을 뿐 아니라 과학사라는 것이 당연히 과학문화의 역사가 되어야 하는 면들이 있다. 예컨대 과학사가 과학의 이론, 개념, 방법 등을 주로 하고 그것도 극히 전문적인 내용을 주로 다루는 내적 과학사에 머물면 그 의미나 의의가 그렇게 넓지 않을 것이다. 특

6) 내적 과학사와 외적 과학사에 관한 간단한 논의가 Thomas S. Kuhn, “The History of Science,” *International Encyclopedia of the Social Sciences*, vol. 14 (New York: Crowell collier and macmillan, 1968), pp. 74-83에 실려 있다.

히 오늘날처럼 사회에서 과학이 중요한 위치, 역할을 점하는 상황에서 과학사가 더 깊은 의미를 지니기 위해서는 과학사 역시 어쩔 수 없이 “문화사”가 되어야 하는 것이다. 그리고 “과학문화 2”와 관련해서 앞에서 했던 질문—과학의 문화적 측면의 이해에 과학사가 어떻게 도움이 되는가—을 생각해 보면 더욱 그러하다고 할 수 있다.

이런 면에서 의미있는 또 한가지 생각은 “과학문화” 연구에서 취할 수 있는 여러 가지 접근, 또는 “과학문화”의 이해를 위한 여러 가지 접근 중에서 과학사가 필수적이라는 것이다. “문화”의 이해를 위해 그것의 형성과정에 대한 역사적 이해가 필수적이기 때문이다. 예컨대 현대문화, 즉 “과학”이 주된 역할을 하는 문화에 대한 이해를 위해 그것의 형성과정에 대한 이해가 중요할 것은 당연하다.

특히 한국 현대과학의 상황, 한국 현대 사회, 한국 현대 문화에서의 과학의 상황에 대한 이해에 과학사가, 다시 말해 과거의 한국사회에서의 과학의 상황에 대한 이해가 한몫을 할 수 있다. 이에 대해서는 내가 다른 곳에서 자세히 이야기한 바 있는 두 가지 예를 들 수 있다.⁷⁾ 우선 현대 한국 과학기술을 특징짓는 지나친 실용 위주, 최종 산물 위주의 경향은 개화기 한국 지식인들의 과학기술관을 특징짓던 이른바 “동도서기론”과 우리 현대 과학의 외래성에 크게 기인한다. 그리고 역시 현대 한국 과학기술을 특징짓는 극도의 전문성, 폐쇄성, 비사회성은 전통 한국사회의 과학기술 담당 계층의 의식구조, 즉 “중인의식”의 잔재를 보여준다.

끝으로 한가지 강조되어야 할 점이 있다. “과학문화”라는 것이 의미가 있기 위해서는 과학사가 과학철학, 과학사회학 등과 연관하에서 추구되어야 한다는 것이다.

2. 과학과 문화의 유리 상태와 문과 이과의 구별

과학과 문화 일반의 유리 상태는 현대의 모든 사회에서 나타나는 현상이다. 전통적, 인문적 문화와 새로운 과학문화 사이의 유리상태를 이야기하는 위에서 언급한 “두 문화의 문제”라는 것이 바로 이를 가리킨다. 그리고 이러한 유리상태는 현대만이 아니라 과거에도 있었으며 심지어는 과학혁명기 이래 계속되어 왔다고도 할 수 있다. 그러나 우리나라에서 이같은 유리상태가 특히 심한데 그 이유로 역시 과학의 외래성, 도구성, 실용성 등을 중시

7) 이에 관한 더 자세한 논의는 김영식, “한국과학의 특성과 반성”, 김영식, 김근배 편 『근현대 한국사회의 과학』 (창작과비평사, 1998), 342-363쪽을 볼 것.

해 온 우리 사회의 전통적 과학기술관을 들 수 있다. 과학과 문화 일반의 이와 같은 유리 상태가 반영된 양상 한가지가 “문과·이과”의 엄격한 구분으로 이는 우리 학문사회에 지독히 견고하고 끈질긴 장벽을 형성하고 있는데, 이 절에서는 이에 대해 살펴보기로 한다.

우리나라에서는 고등학교 상급반이 되면 모든 학생이 예외없이 문과(文科)나 이과(理科) 중 하나를 선택해야 하고 일단 선택한 후에는 줄곧 자신이 선택한 “科”의 테두리에 갇혀서 반대 쪽 “科”로부터는 차단된 채 엄격한 구분과 차별 속에 생활하도록 제약받고 있다. 이런 일은 특히 학문세계에서 심해서 19세기에나 있음직한 이같은 장벽은 학문세계 외부에서는 이미 와해되었음에도 내부에는 그대로 남아 있고, 이는 그만큼 우리 학문세계가 외부의 변화된 환경에 대처하지 못하는 것을 보여준다.

문과·이과의 구분과 그 사이의 높은 장벽은 우리 학문사회의 구성원 모두가 어려서부터 그와 함께 생활하면서 깊이 젖어 왔기에 당연한 것으로 생각하고 받아들이기가 쉽다. 그러나 이 구분은 본질적인 것이 아니라 지극히 임의적인 구분이다. 문과와 이과 사이의 장벽은 각각에 속하는 분야들 사이에 실제로 존재하는 것이 아니라 우리 머리 속에 관념상으로 존재하거나 사회 속에 제도적으로 존재하는 것이다. 따라서 문과와 이과 사이에서 우리가 느끼는 뚜렷한 차이라는 것은 양쪽 분야들의 내용과 성격에 실재하는 것이기보다는 이같은 관념적, 제도적 장벽이 만들어 낸 허상일 뿐이다.

이러한 문과·이과의 구별이 지니는 문제에 대해서는 내가 이런저런 계제에 이야기해 왔고, 이에 관한 글도 쓴 적도 있다.⁸⁾ 그리고 그런 과정에서 많은 사람들의 호응이 있었고 일정 정도 성과도 있었다. 그러면 여기서 다시 내 생각을 자세히 이야기하는 것보다 이 구분이 얼마나 끈질긴가를 특히 잘 드러내주는 측면들, 그리고 그것이 과학과 문화의 유리 상태에 끼친 영향에 대해서 살펴보기로 한다.

때로 현대의 학문적 현실과 부합되지 못하는 이 구분의 폐단이 인식되기도 하고 이 구분을 받아들이지 않는 제도가 시도되는 일도 있지만, 대개의 경우는 이 구분을 맹신하는 사람들로부터의 거센 반발에 접하고 결국은 현실을 이 구분의 틀에 억지로 맞추거나 맞추어지지 않는 부분은 외면해버리는 식으로 끝나고 말게 된다. 전형적인 예가 수학능력 시험이다. 처음 시행되었을 때 이 시험은 문과·이과의 구분없이 모든 수험생들이 같은 문제를 풀도록 했고, 그 결과 문과·이과를 구분하여 교육시키는 현행 제도 속에서 어느 한 쪽 학생들에게 유리하고 다른 쪽은 불리한 문제점들이 노정되었다. 이 문제점들이야말로 사실은

8) 이에 대한 더 자세한 논의가 김영식, “문과·이과 구분의 임의성과 그 폐단”, 『과학과 철학』 제4집 (1993), 20-34쪽에 담겨 있다.

그같은 임의적 구분을 하는 우리나라 고교교육제도의 문제점들이다. 그 구분 때문에 우리 고등학교 교육이 학생들로 하여금 균형잡힌 대학수학능력을 함양하도록 해주지 못하고 있는 것이다. 그러나 이에 대한 우리 사회나 교육당국의 대응은 이같은 문제점을 해소하기 위해 균형잡힌 고교교육을 모색하는 방향으로가 아니라 이 제도에 문과·이과의 구분을 다시 도입하는 방향으로였다. 문과·이과의 임의적 구분이 문제의 원인임을 보지 못하고 그 구분을 절대적인 전제로서 받아들이고 있음을 알 수 있다. 오늘에 와서는 심지어 “교차 지원”이라는 것이 문제의 원인인 양 이를 억제하고 금지하여야 한다는 주장들이 드높기조차 하다.

또한 사람들은 문과와 이과를 구분만 할 뿐 아니라 자신이 속한 쪽이 아닌 쪽과 자신은 아무런 상관이 없다고 생각하기도 한다. 명확한 경계에 의해 자신의 쪽과 격리된 다른 쪽이 자신과 무슨 관련이 있을 수가 없다는 생각인 것이다. 따라서 그들은 상대 쪽에 속하는 분야는 자신들이 이해할 수도 없고 이해할 필요도 없다는 생각을 쉽게 하게 되고, 이는 상대 쪽에 대한 심한 무지를 낳을 뿐만 아니라 나아가 그같은 무지를 당연시하게 만들기까지 한다. 이에 따라 한 쪽에 속하는 사람은 상대 쪽의 내용에 관해 무지할 뿐 아니라 그 활동이나 종사자들의 성격에 대해서도 무지하게 되며 이같은 무지는 결국 서로에 대한 편견으로 이어지게 된다. 심한 경우에는 문과에 속한 사람은 이과의 분야들이 인간의 가치나 감정이나 상상력 같은 것과는 상관없이 무미건조하고 기계적이면서 어렵기만 하며 따라서 이과에 속한 사람들 또한 그런 속성을 지녀서 맹목적이고 정확하기만 할 뿐 인간과 사회의 복잡하고 다양한 문제들에 무감각하거나 무지할 것으로 생각하고, 반면에 이과에 속한 사람에게 문과의 분야들이 명확한 기준이 없이 잡다하고 부정확한 것으로만 보이고 문과의 사람들 또한 정확히 아는 것은 없이 능란한 말장난을 통해 얼버무리거나 하는 부류로 여겨지는 일도 드물지 않다. 물론 이같은 편견의 이면에는 서로 자신들에게는 없는 능력을 지닌 상대 쪽에 대한 경외심과 콤플렉스도 존재하지만 그 역시 상대방에 대한 제대로의 이해가 아닌 무지와 편견이기는 마찬가지이다.

문과와 이과에 속한 사람들의 상대 쪽에 대한 무지와 편견은 일생을 두고 그들이 학문을 대하는 태도에 큰 제약으로 작용하게 된다. 특히 심각한 것은 이같은 상호 무지와 편견이 과학기술의 일반 문화로부터의 유리 상태를 크게 심화시켰다는 점이다. 그 결과, 과학기술이 사회의 다른 요소들과 분리되어 별도로 존재하며 발전하는 것이고 따라서 과학기술자가 아닌 일반 사람들은 과학기술에 관심을 갖지 않아도 되고 이해할 필요는 더욱더 없다는 생각이 우리 사회에는 특히 널리 퍼져 있다. 마찬가지로 과학기술자들이 자신들의 분

야가 사회와 문화의 여러 요소들로부터 초연한, 완전히 격리된 분야이며 따라서 자신들은 사회의 제반 요소들과는 아무 상관도 없다고 생각하는 일도 우리 사회에서 특히 심하다. 문과·이과간의 장벽이 일반인들의 과학기술에 대한 장벽을 더욱 두껍게 만든 것이다.

이런 식으로 해서 “두 문화”의 유리상태를 주어진 것으로, 얼마간 당연시하는 오늘날과 같은 풍토가 생겨났다. 그러나 이것은 주로 학문세계 내에서의 상황이다. 학문세계 바깥에서는 오히려 두 문화의 경계, 구분이 허물어지고 있는 것이다. 사실 현대인의 생활에 과학이 나타나는 수많은 양상들—좋은 면과 나쁜 면을 포함해서—을 차치하고라도, 과학은 철학에서의 논의나 역사서술 등을 바꾸어 놓았다. 심지어는 “science fiction”이라는 새로운 문학장르까지도 생겨난 것이다. 이같은 일들은 특히 기존의 구분이나 편견으로부터 자유로운 청소년 계층에서 뚜렷하게 나타난다. 일찍서부터 컴퓨터와 첨단장치들에 접하며 자라온 어린이들에게서는 과학기술에 대한 장벽이 뚜렷이 눈에 띄지 않는다. 오히려 이들은 과학기술에 대해 친밀감과 호감을 가지고 있는 경우가 많은 것이다. 문제는 이런 어린이들이 고등학교에서 과묵하게 되는 대학입시 공부가 그같은 호감과 친밀감을 앗아가 버리고, 문과·이과의 경직된 구분이 이들의 머리 속에 견고한 장벽을 구축한다는 사실이다.

3. “인문학의 위기”

위의 이야기가 과학의 문화로부터의 유리상태에 관한 것이라고 한다면, 거꾸로 점점 과학이 문화 전체에 영향을 미치고, 문화를 주도하고 특징짓는 상황에서 전통적 문화 또는 그에 젖어있는 사람들이 이러한 새로운 문화에 제대로 적응하거나 대처하지 못해서 유리되는 상황도 보게 된다. 이것이 드러나는 예가 내 생각에는 최근 자주 거론되고 있는 “인문학의 위기”라는 인식이라고 할 수 있다.

이른바 “인문학의 위기”라는 인식이 생겨난 데에는 현재 사회에서 진행되고 있는 지식의 변화가 큰 역할을 했다. 그리고 그러한 지식의 변화는 대체로 다음과 같은 성격을 보인다. 우선 기존 분야들 속에서의 내용의 변화와 함께 새로운 내용, 새로운 이론, 방법, 틀 등이 생겨나고 있다. 그리고 새로운 분야들이 등장하며 기존 학문 분야들간 경계가 와해되어 가고 있다. 또한 이와 동시에 학문분야들의 전문화, 세분화도 심화되어 가고 있다.

오늘날 학문의 이러한 경향들이 어느 정도 과거부터 있어 왔던 경향들의 연속임에 비해, 현재의 상황에서 크게 두드러진 변화의 성격 한가지를 주목할 필요가 있다. 현대사회에서

과학기술, 정보, 경영 등이 매우 광범위한 중요성을 점하게 되었고 이에 따라 현대 사회가 필요로 하는 지식이 그런 요소들에 깊이 관련되어 있다는 점이다. 그리고 그 결과로 현재의 사회, 문화, 지식이 점점 과학기술화, 정보화, 경영화 되어가고 있는데 어쩌면 이를 한마디로 “engineering화” 되어가고 있다고 말할 수 있겠다.

현대 사회와 문화의 이같은 측면, 형태, 유형, 방식은 이제 지극히 보편화되었다. 어쩌면 이야말로 현대 인간의 삶의, 그리고 현대 사회와 현대 문화의 가장 중요한 특징적인 측면이 되었다고 할 수 있으며, 이제 더는 이같은 성격을 일부 특정 전문분야에 국한된 특수한 성격으로 생각하기는 힘들다. 현대의 지식, 문화의 모든 분야가 이같은 “engineering 화”로부터 자유로울 수 없게 되어버린 것이다. 이제는 이렇듯 engineering 위주가 되고 engineering 취향이 되어 버린 사회 현상을 일반 지식인의 관심대상에 포함시키지 않을 수 없으며, 사회와 문화에 대한, 그리고 그 속에서의 인간의 삶과 가치와 믿음에 대한 지적, 학문적 탐구의 대상에 필수적으로 포함시켜야만 하게 되었다. “인문학의 위기”란 많은 부분 이같이 변화된 지식의 상황과 전통적인 옛 틀에의 집착이 빚는 긴장을 반영하고 있다.

이 문제에 관해서는 여러 사람에 의해 역시 여러 곳에서 많이 논의되고 있지만, 여기서는 이 글의 주제와 관련이 있는 한 가지 점에 대해서 좀더 이야기하겠다.⁹⁾ 오늘날의 상황에서 그 위기를 해결하는 일이 전통적 인문학에의 집착의 형태로 나타난다면 그것은 매우 적절치 못하며 위기의 실상을 철저하게 파악하지 못한 일이라는 것이다. 그것은 현재 인간이 처한 현실과 상황을 외면하고 전통적인 인문학의 성격에 맹목적으로 집착하는, 오히려 “비인문적인” 태도라고 할 수 있다. 물론 참다운 인문적 접근—인간의 삶과 현실의 여러 문제에 대한 반성, 성찰, 탐색—의 태도는 견지되어야 한다. 그러나 또한 이러한 인문적 탐색은 제대로의 대상에 대해 수행되어야 한다. 그런데 현재 우리 인문학이 대상으로 하는 삶, 문제, 현실이 과연 현재 우리가 살아가고 있는 우리의 것들인가? 아마도 그렇지 못한 데에 문제가 있고 그러한 문제가 위기를 빚은 것이 아닐까?

특히 문제가 되는 것은 대부분의 우리 인문학자들에게 인문학의 대상이 고착되어 바뀌지 않고 있고, 근대 인문학이 처음 자리잡던 시기—서양의 르네상스 시기나 중국 송대 또는 기껏해야 서양 계몽사조기 또는 우리나라 개화기—의 전통적인 대상과 주제가 그대로 내려오고 있는 듯하다는 점이다. 그 후 인간의 삶은 크게 바뀌었고 특히 최근 수십 년 심지어 몇 년 동안의 인간의 삶의 방식은 엄청나게 바뀌었으며, 따라서 이렇게 변화되어 새로워진 인

9) 이에 대한 더 자세한 논의를 위해서는 김영식, “지식의 변화와 대학의 대응”, 『철학사상』 제10호(2000), 21-34쪽을 볼 것.

간의 삶, 문제, 가치 등을 인문적 반성, 탐색의 대상으로 해야 하는 것은 당연하다.

새로운 인문학은 전통적인 인문학의 대상, 주제들만이 아니라 현재의 인간의 삶의 현실과 문제를 대상으로 해야 한다. 이와 관련해서 전통적 인문학의 주제와 대상들이라는 것들이 사실은 르네상스 시기나 송대와 같이 새로운 사상적 조류, 새로운 문화와 사회의 모습이 대두되던 시기에 그에 따라 생겨난 새로운 삶, 가치, 문제들이었다는 것을 상기할 필요가 있다. 그리고 오늘날 또한 그러한 새로운 사상, 문화가 새로운 가치, 문제 등을 빚고 있는 시기이고 그런 면에서는 새로운 인문학을 요구하는 시기라고 할 수 있는 것이다.

따라서 이른바 “인문학의 위기”를 극복하기 위해 취해야 할 인문학의 태도가 어떠해야 할지는 분명하다. 그것은 전통적 대상과 주제에 대한 인문적 반성, 탐색을 통해 인문적 가치체계를 찾아내고 그 가치체계를 변화된 인간의 삶과 문제에 적용하는 차원—그것이 매우 중요한 것은 사실이지만—에 머무를 수 없다. 거기서 더 나아가서 변화된 현재의 삶과 가치, 문제들을 대상으로 인문적 탐색을 통해 새로운 가치체계를 찾아내는 새로운 인문학의 정립이 필요한 것이다. 특히 중요한 것은 현재 인간의 삶과 문제에서 큰 위치를 차지하는 과학기술, 정보, 경영 등이 당연히 인문적 추구의 중요 대상이 되어야 한다는 것이다. 문학, 역사, 철학 모든 분야가 현재 우리의 삶으로부터 동떨어진 기존의 대상 주제의 테두리에서 벗어나서 이들 새로운 문화요소들에 직접 마주쳐서 그것들을 대상으로 인문적 반성과 탐색을 수행해야 하는 것이다. 그렇게 하지 않는 한 인문학은 사회적 요구에 제대로 대응하지 못할 것이다.

위에서 본 것처럼 우리나라에서 특히 심한 문과-이과의 구분이나 과학기술의 문화 일반으로부터의 유리상태는 문제 해결에 큰 제약으로 작용하며 우리 사회에서 인문학의 위기가 더욱 심한 이유이기도 한데 이를 극복해야 하는 것도 이른바 “인문학의 위기”의 극복을 위해 주어져 있는 과제가 되겠다.

역사적 과학철학과 철학적 과학사

이 상 욱

한양대학교 철학과

1. 머리말

이 글은 토마스 쿤(Thomas S. Kuhn: 1922-1996)이 과학사와 과학철학의 관계, 그리고 과학사와 일반 역사학과의 관계에 대해 가지고 있었던 견해를 살펴보는 것으로부터 출발하여, 현 시점에서 과학사와 과학철학 연구 사이의 생산적인 협력관계를 모색해 보는 것을 목적으로 한다.¹⁾ 쿤의 과학사 연구는 그 내용과 방법론 모두에 있어서 현대 과학사의 기반을 구성하고 있다고 할 수 있다.²⁾ 마찬가지로 쿤의 과학철학 연구는 (파이어아벤트, 헨슨 등의 연구와 더불어), 20세기 초반의 논리실증주의를 거쳐서 ‘수용된 견해(received view)’로 정리된 영미과학철학의 표준적 입장이 60년대의 격렬한 논쟁을 거쳐서 ‘역사적 전환(historical turn)’이라 불리는 중대한 변화를 겪게 되는 데 결정적인 역할을 수행했다.³⁾ 쿤은 자신의 견해의 논쟁적인 성격 덕분에 열광적인 지지자와 극단적인 반대자 모두를 상당수 거느리게 되었다. 그럼에도 불구하고, 쿤 과학철학의 구체적인 내용과 그의 과학철학 연구방법론이 현대 과학철학의 주요한 흐름 중 하나가 되었다는 점에는 논란의 여지가 없다.⁴⁾

게다가 쿤은 이 두 분야의 작업을 독립적으로 수행한 것이 아니었고, 그의 작업에서 두

1) 필자가 이 글에서 다루려는 과학사와 과학철학은 동양의 전통과학에 대한 과학사나 과학철학과 관련된 논의는 제외한다. 이는 물론 필자의 능력의 한계에 일차적으로 근거하지만 동양의 전통과학의 역사와 그것의 철학적 의미를 연구하는 작업의 방법론이 서양에서 유래한 근현대 과학의 역사와 그것의 철학적 의미를 연구하는 방법론과 동일한 것이어야 할지, 아니면 달라야 할 지에 대해 필자가 아직 분명한 견해를 가지고 있지 않기 때문이다.

2) Cf. Heilbron 1998.

3) Cf. Buchwald and Smith 1997, Horwich 1993.

4) 쿤의 과학사/과학철학 연구가 지니는 보다 최근까지의 영향을 고려한 글로는 홍성욱 1999, pp. 149-70이 있다. 쿤이 『과학혁명의 구조』 이후에 저술한 주요 과학철학 논문은 조인래 1997에서 찾아볼 수 있다.

분야는 유기적으로 연결되어 있었다. 어떤 의미에서 쿤은 과학사를 연구하면서도 항상 그것이 지니는 과학철학적 함의를 염두에 두고 있었고, 과학철학을 연구하면서도 자신의 과학철학적 견해가 과학의 역사를 바라보는 우리의 시각에 어떤 변화를 가져올 수 있을지 고민했다고 평가할 수 있다. 보다 더 정확히 말하자면, 쿤에게 있어서 일생의 과제는 과학의 본성에 대한 보다 올바른 이해를 얻는 것이었고 이 과제를 달성하기 위해서 그는 과학사와 과학철학을 번갈아 연구했다고 볼 수도 있다. 그러므로 쿤이 과학사와 과학철학 각각의 성격에 대해, 그리고 그 둘 간의 관계에 대해 가지고 있었던 견해를 꼼꼼히 살펴보는 것은, 과학의 성격을 이해하기 위한 과정에서 이 두 분야의 생산적인 협동가능성을 모색하는 데 큰 도움이 될 것이다. 특별히 이 글에서는 쿤의 견해들을 현재 이 분야들의 연구현황에 비추어서 비판적으로 검토해 보겠다.

한 가지 재미있는 점은 쿤이 생각했던 과학사와 과학철학의 바람직한 관계의 특징들은 현재 두 분야의 연구에서 어느 정도 실현된 반면, 그가 개탄해마지 않았던 과학사와 일반 역사가학간의 관계는 최근까지도 그다지 많이 변화하지 않았다는 점이다. 물론 이 두 분야를 연결시키려는, 그리고 부분적으로 성공적인 시도가 없었던 것은 아니다. 그러나 이런 시도들은 쿤이 달가워하지 않았을 방향으로 전개되어왔고, 이 과정에서 쿤이 과학사 연구의 핵심으로 보았던 ‘과학개념의 내적 흐름’에 대한 연구가 상대적으로 경시되는 경향을 보이고 있다. 필자는 이런 상황이 왜 쿤에게는 불만스러울 수밖에 없는가를 그의 과학관에 비추어 설명하겠다.

과학연구에서 사회문화적 요소가 차지하는 역할만을 지나치게 강조하는 과학사 연구가 점점 힘을 얻고 있는 최근 경향에 비추어 볼 때, 쿤이 원했던 방식의 과학사 연구는 더 이상 활발히 연구되지 않고 있는 듯 하다. 그러나 우리는 이런 연구를 수행하고 있는 일단의 학자들이 현재도 상당수 존재하며, 다만 그들은 쿤이 예상하기 어려웠을 분야에서 나타나고 있음을 알게 될 것이다. 철학적 과학사로 불릴 수 있는 이러한 연구들은 그 내용에 있어서 쿤이 생각했던 과학철학과 과학사의 바람직한 만남을 실현시키고 있다. 하지만, 철학적 과학사는 이런 연구자들의 최근 연구 경향보다 보다 적극적인 모습을 띌 수도 있는데, 이런 가능성에 대해 간단하게 언급하면서 글을 맺기로 한다.

2. 과학사와 과학철학

쿤은 과학사는 과학철학 연구에 필수적인 반면 과학철학은 그 사고방식이나 연구방식이

역사적인 시각과 너무도 이질적이기 때문에 과학사 연구에 별 도움이 되지 않는다고 주장했다. 얼핏 보기에 이 주장은 쿤이 과학사와 과학철학 모두에 매우 중요한 기여를 했음에도 불구하고 두 분야의 협동가능성에 대해 매우 비판적인 예측을 하고 있다고 해석될 수 있다. 좀더 정확히 이야기하자면, 쿤은 두 분야의 협동가능성에 대해 오직 부분적으로만 긍정적인 입장을 견지했다. 즉, 과학철학자들은 자신의 연구를 위해 과학사의 연구결과를 적극적으로 활용해야 하는 반면, 과학사학자들은 과학철학의 연구성과물로부터 자신의 연구를 위해 그다지 도움을 얻을 수 없다는 것이다.⁵⁾

그러나 쿤이 이런 주장을 하게 된 이유나 쿤의 주장 자체를 좀 더 꼼꼼히 살펴보면 쿤의 견해를 보다 조심스럽게 이해할 필요성이 드러난다. 우선 쿤이 정확히 어떤 주장을 했는지 살펴보자. 쿤은 과학사와 과학철학간의 관계를 다룬 논문에서 다음과 같이 주장했다.

나는 비록 현재 연구되고 있는 과학철학이 과학사에 별 관련성을 가지지 않는다고 생각하고 있지만, 과학철학의 저작 중 많은 부분이 그 준비과정에서 [과학의] 역사가 보다 큰 배경적 역할을 수행하도록 하며 쓰여진다면 훨씬 더 좋은 글이 될 수 있다고 확신한다.⁶⁾

즉, 쿤은 이 인용문에서 어떠한 종류의 과학철학도 과학사 연구에 별반 도움이 되지 않는다고 주장하고 있는 것은 아니다. 이 글이 쓰여졌던 1960년대 후반의 과학철학 연구방식에 대해 쿤이 매우 비판적이었던 것은 잘 알려진 사실이다. 쿤은 여러 곳에서 자신이 『과학혁명의 구조』(The Structure of Scientific Revolution)⁷⁾를 저술하게 된 주요 동기 중 하나가 그 당시 과학철학적 저술에 담긴 과학의 모습이 너무나 왜곡되어 있었기에 이를 교정하기 위해서였다고 말하고 있다. 이런 교정을 위해 쿤이 강조했던 것은 과학철학 연구가 과학연구가 실제로 수행되어 왔던 과정과 현재 수행되고 있는 구체적인 양상에 좀더 관심을 가져야 한다는 것이었고, 이 점은 위 인용문에 잘 표현되어 있다. 쿤 이후의 과학철학 연구는 쿤의 이런 비판을 대체적으로 수용하는 모습을 보인다. 쿤의 견해를 보다 적극적으로 지지했던 사람들은 아예 ‘역사적 과학철학(historical philosophy of science)’이라는 현대 과학철학의 주요한 흐름을 발전시키기도 했고, 쿤의 견해에 비판적이었던 사람들조차 과학철학이 과학이 실제로 수행되는 양상에 좀더 주의를 기울여야 한다는 쿤의 지적에는 대체적으로 동의하고 있다.⁸⁾

5) Kuhn 1977, pp. 3-20.

6) Kuhn 1977, p. 12. 밑줄은 필자의 강조.

7) 초판은 1962년에 나왔고, 긴 보유가 달린 제2판은 1970년에 나왔다. Kuhn 1970 참조.

정리하자면, 쿤은 흔히 ‘수용된 견해’로 알려진 논리경험주의 계통의 과학철학 연구가 과학사학자들에게 별반 도움이 되지 않는다는 점을 강조했을 뿐이었다. 당연히 쿤은 논리경험주의와 다른 방식으로 과학철학을 연구할 때, 이런 과학철학이 과학사에 도움이 될 수 있을지 아니면 여전히 도움이 안 될지의 여부에 대해서는 분명한 입장을 밝히지 않고 있다. 그러므로 쿤에게 있어서 과학철학의 연구결과에 자극되고, 영향을 받을 수 있는 좋은 과학사 연구의 가능성은 여전히 남아있다고 볼 수도 있다. 다시 말하자면 위 인용문에 나타난 쿤의 견해에 따르면, 역사적 과학철학은 가능하고 또한 어떤 방식으로 수행되어야 하는지가 비교적 분명했었는데 비해, 철학적 과학사는 가능할 수도 있지만 구체적으로 어떤 방식으로 실현될 수 있을지가 확실하지 않은 채로 남아 있었다.

그렇다면 쿤은 왜 그토록 ‘수용된 견해’가 과학사 연구에 도움이 되지 않는다고 확신한 것일까? 쿤의 다음 구절이 이 질문에 대한 답의 실마리를 제공한다

철학연구와 그것의 연구대상 사이에 [상당한] 거리가 존재한다는 점에 있어서, 과학철학은 여러 철학의 전문분야들 중에서 거의 유일하다.⁹⁾

이어서 쿤은 그 당시의 논리학이나 윤리학의 연구와 과학철학 연구를 대조하고 있다. 논리학자들은 실질적 조건문(material conditional)이 일상언어의 ‘만약 ...; 그러면 의 의미를 온전하게 담아내지 못함을 분명히 인식하고 있었고, 이런 인식은 반사실적 조건문(counterfactual conditional)과 같은 대안적인 조건문의 구조를 탐색하는 노력으로 나타났다. 쿤은 논리학자들이 자신의 형식적 이론체계가 그 이론체계를 통해 이해하려고 하는 실제 상황을 보다 잘 담아낼 수 있도록 수정한다고 해서, 논리학의 형식적 공리체계가 제공하는 여러 흥미로운 개념적 문제들의 중요성이 사라지는 것은 아니라는 점을 강조했다. 마찬가지로 쿤은 윤리학자들이 실생활의 윤리적 상황들을 주의깊게 관찰함으로써 얻어진 시사점을 자신들의 윤리이론에 반영시키려고 노력하는 모습을 지적하면서, 과학철학도 비슷한 방식으로 과학이 실제로 이루어지는 과정을 충분히 이해한 후에 그에 기반해서 과학에 대한 이론을 전개해야 한다고 강조했다. 그런 이유로 과학사는 과학철학 연구에 큰 도움을 줄 수 있는데, 왜냐하면 과학사의 작업들은 과학의 연구과정이나 과학자들의 연구활동을 사실에 가깝게 드러내 줌으로써 과학철학이 과학의 실제 모습을 좀더 분명히 인식한 상황에서 연구될 수

8) 역사적 과학철학가 성취한 부분과 지나쳤던 부분에 대한 쿤 자신의 평가는 Kuhn 2000, pp. 105-120 참조.

9) 같은 쪽.

있게 하기 때문이다.

물론 쿤이 과학철학의 연구방식을 무조건 부정적으로만 생각하고 있었던 것은 아니다. 쿤은 철학적 연구와 역사학적 연구의 특수성에서 기인한 과학사와 과학철학 사이의 보다 근본적인 차이점에도 주목하고 있다. 우선 쿤은 과학사와 과학철학 모두 '재구성(reconstruction)'에 의존한다는 점을 인정한다. 흔히, 과학철학자들은 과거의 역사를 있는 그대로 보지 않고, 자신들의 철학적 입장에 맞추어서 '재구성'한다고 비판받는다. 실제로, 쿤은 이런 의미에서 라카토슈나 다른 과학철학자들의 '합리적 재구성(rational reconstruction)'의 방법론적 타당성에 대해 강한 반론을 제기했다.¹⁰⁾ 하지만 그렇다고 해서 역사학이 어떠한 종류의 재구성도 사용하지 않는다고 할 수는 없다. 역사학에 대해 극단적으로 실증적이고 순진한 믿음을 가진 사람이 아닌 이상, 역사학적 작업도 현재 이용가능하고 어느 정도 정당화 가능한 자료들과 기타 증거들에 근거해서 과거에 이루어졌던 과학적 작업들을 되도록 그럴듯하게 재구성해내려는 작업임을 부인할 수는 없을 것이고, 쿤도 물론 이 점을 잘 인식하고 있었다.

그러나 두 분야에서 사용하는 재구성은 그 구체적인 내용에 있어서 상당한 차이를 드러낸다. 과학철학자들은 논증(argument)의 타당성을 평가하는 데 익숙해져 있고, 일반적으로 논증의 타당성은 그 논증이 언제, 누구에 의하여 어떤 배경 하에서 만들어졌는가와 무관하게 결정될 수 있다. 그러므로 과학철학자들은 과거의 과학자들의 활동이나 저술에서 우선적으로 특정한 형태의 논증을 읽어내고, 그 논증을 평가하는 작업을 수행하게 된다. 이런 연구방식은 쿤으로 하여금, '[과학]철학자들의 논문에 등장하는 갈릴레오나 데카르트는 [과학]사학자들이 제시하는 갈릴레오나 데카르트에 비해서 더 훌륭한 과학자나 철학자처럼 보이는 반면, 17세기를 살았을 법한 사람으로는 덜 그럴듯해 보인다'¹¹⁾는 평가를 하게 만들었다. 이런 결과가 나타나는 이유는 과학철학자들이 과학자들의 저술에서 정합적인 논증을 찾아내거나, 찾아낼 수 없으면 되도록 정합적인 방식으로 과학자들의 생각을 재구성하는 데 익숙해져 있기 때문이다. 그에 비해 과학사학자들은 과거의 과학자들이 어떤 생각을 하고 어떤 활동을 했는지를 가능하면 '사실(?)'에 가깝게¹²⁾ 재구성해내는 데 익숙하다. 쿤은 이런 차이점들을 자신의 수업을 들은 다양한 지적 배경을 지닌 학생들이 제출한 기말보고서에서 분명히 확인할 수 있었다.

그런데 정합적인 논증을 중시하는 철학자들의 '직업근성' 이외에도 쿤이 그 당시의 과학

10) Lakatos and Musgrave 1970, pp. 231-278.

11) Kuhn 1977, p. 7.

12) 혹은 '역사적으로' 그럴듯하게

철학이 과학사에 그다지 도움을 줄 수 없다고 생각했던 보다 깊은 이유가 존재했다. 이는 ‘수용된 견해’가 과학의 이론체계가 가지는 ‘전체론적(wholistic)’ 특징을 올바르게 담아내지 못하고 있었다는 데 있다. 논리 실증주의에서 발전한 논리 경험주의는 기본적으로 개별화될 수 있는 기본적 사실(basic fact)에 근거하여 과학활동을 이해하려 했다. 그리하여 과학 이론의 총합은 그 이론이 참이라고 주장하는 기본적 사실, 혹은 좀더 정확히 말하자면 그 기본적 사실을 표현하는 명제/문장들의 총 집합이 되고, 과학활동은 이런 명제/문장들이 세상의 경험에 비추어 맞고 틀리는지의 여부를 하나하나 밝혀 나가는 작업이었다. 이런 명제/문장들의 집합을 분석할 수 있는 도구는 20세기 초에 프레게와 일단의 논리학자들에 의하여 잘 정립된 기호논리학이었다. ‘수용된 견해’의 많은 내적 문제들, 가령 유명한 ‘까마귀의 역설(raven paradox)’이 과학적 지식에 대한 심오한 통찰을 보여 준다기보다는, 1차 술어 논리학(first-order predicate logic)이 과학언명들을 다루는 도구로서 가지는 구조적 특징에서 연유한다는 사실은 결코 우연이 아니다.¹³⁾

이런 개별화 가능한 사실들에 대한 개별적 판단에 근거하여 과학활동을 파악하다보면, 쿤이 강조하는 이론의 전체론적 특성을 놓칠 수밖에 없다. 쿤은 이 점을 아리스토텔레스의 ‘진공’개념을 들어 설명한다. 아리스토텔레스의 진공개념은 아리스토텔레스 운동학의 거의 모든 개념과 연결되어 있다. 그러므로 진공이 존재하는가의 여부는 단순히 현재 우리가 이해하는 공기분자나 다른 어떤 물질이 모두 사라진 텅 빈 공간이 정말로 존재하는가의 여부와만 관계된 경험적 문제가 아니다. 만약 그랬다면 진공의 존재여부는 경험적인 방식으로 원칙적으로는 간단히 해결될 수 있는 문제였을 것이다. 그러나 아리스토텔레스의 진공개념은 그의 상태, 운동, 운동의 원인 저항의 개념 그리고 운동법칙과 유기적으로 연결되어 있기 때문에, 진공의 존재여부는 아리스토텔레스 운동학에 대한 전체적인 평가와 이어지게 된다. 이 경우 진공의 존재만을 개별적인 경험적 사실로 간주하여, 아리스토텔레스 이론체계의 다른 부분들과 무관하게 평가할 수 있다는 입장을 견지하면, 당연히 아리스토텔레스 과학의 핵심적인 부분을 놓치게 될 것이다. 쿤이 보기에 ‘수용된 견해’는 그런 오류를 범하고 있었다.¹⁴⁾

쿤으로 하여금 그 당시 과학철학이 과학사 연구에 별 도움이 되지 않으리라 생각하게 만들었던 두 가지 문제점은 현대 과학철학 연구에서 대부분 수용되거나 개선되었다. 과학이 실제로 이루어지는 맥락을 무시하는 경향은, 역사적 과학철학이 주류가 되고 구체적인

13) 이 점과 관련된 조금 다른 각도에서의 논의로 Van Fraassen 1980, pp. 53-9가 있다.

14) Cf. 이상욱 2002.

과학연구의 모습을 분석하고 그에 입각하여 논증을 전개하는 경향이 강화되면서 점차적으로 사라졌다. 과학이론을 개별화 가능한 기본사실들의 집합으로 이해하려는 입장은 관찰용어와 이론용어의 엄격한 구별이 파기되면서 큰 타격을 받았다. 현재 쿤의 전체론적 입장에 부정적인 학자들조차 과학연구가 개념들간의 상호연관성에 기인하는 일정한 제약조건 하에서 발전한다는 온건한 의미의 전체론적 입장을 대체적으로 수용하고 있다. 그러므로 과학철학이 과학사와 본질적으로 그 연구방법에 있어서 차이를 보인다는 이유에서 철학적 과학사의 가능성에 부정적이었던 쿤의 분석은 현재 상황에서는 적합하지 않다고 볼 수 있다.

한 가지 흥미로운 점은 쿤은 흔히 ‘내적 과학사’라고 불리던 과학적 생각이나, 연구방법, 연구기법 등이 어떤 방식으로 전개되어 왔는가를 살펴보는 역사적 작업만이 과학철학 연구에 유용하리라 생각했다는 사실이다. 그는 과학활동이 어떤 사회적 상황에서 이루어졌는가에 대한 역사적 고찰, 흔히 ‘외적 과학사’라 불리는 역사적 연구는 (그 자체로는 훌륭한 과학사 연구임에도 불구하고) 과학철학에 아무런 도움이 되지 않으리라 예상했다. 쿤이 이렇게 생각했던 이유는 쉽게 짐작할 수 있다. 쿤이 이해하기에 과학철학이란 과학의 개념적 발달과정을 정합적으로 이해하고 그에 바탕하여 과학의 본성에 대한 타당한 결론을 이끌어내는 작업이다. 이런 작업이 과학이 실제로 수행되는 모습에 기초해야 함은 분명하지만, 그 모습은 오직 개념적인 수준에 머물러야 한다. 왜냐하면 쿤에 따르면 과학의 내용은 과학이 성숙된 모습을 보일수록 과학의 외적 발달과 ‘격리(Insulation)’되는 경향을 보이기 때문이다.¹⁵⁾ 그러므로, 외적 과학사는 과학이 그것을 포함하는 보다 넓은 맥락과 어떤 관련을 맺고 어떤 영향을 주고받는가를 보여주는 매우 좋은 과학사의 연구주제이기는 하지만, 과학의 본성을 개념적인 방식으로 탐구하는 과학철학적 작업과는 별 관련이 없게 되는 것이다.

역사적 과학철학의 전개이후 과학사의 연구성과를 충실히 반영하는 쪽으로 과학철학의 연구가 방향을 잡고 난 이후에도, 과학사의 연구성과 중 어떤 부분을 과학철학에 반영해야 하는가와 관련된 쿤의 이런 견해는 여전히 논쟁거리로 남아있다. 핵심적인 문제는, 쿤이 생각했듯이, 과학활동이 보다 넓은 사회문화적 맥락과 어떻게 상호 작용하는가가, 과학의 본성을 탐구하는 과학의 내용과 개념적 발달과정을 이해하려는 과학철학 연구에 진정으로 직접적인 연관성이 없는가 하는 점이다. 가령, 80년대를 전후로 등장한 과학지식사회학은 스스로 쿤의 문제의식을 발전시켰다고 주장하면서도 동시에 쿤의 이 견해를 전면으로 부

15) ‘성숙된(mature)’ 과학이 보여주는 ‘격리’ 현상에 대한 쿤의 견해는 머튼 명제에 대한 쿤의 날카로운 분석에 잘 나타나 있다. Kuhn 1977, pp. 115-8 참조

인하고 있다. 이 문제에 대한 고려는 미래의 역사적 과학철학과 철학적 과학사가 어떤 모습을 띠 것인가를 결정하는 데 중요한 역할을 할 것으로 생각된다.

3. 과학사와 역사학 일반

토마스 쿤은 과학사와 역사학 일반과의 관계에 있어서, 과학사의 구체적인 내용들을 들여다 볼 필요가 없다고 생각하는 일반 역사학자들의 잘못된 관행을 지적했다. 쿤의 지적의 날카로움은 이런 잘못이 (1) 과학사에 국한된 것이 아니라 특정 문화형태를 집중적으로 다루는 역사학의 여러 분야들에 대해 일반 역사가들이 공통적으로 보이는 잘못된 태도에 근거한다는 사실과, (2) 그런 잘못된 태도의 근저에는 역사란 무엇인가에 대한 옹호할 수 없는 견해가 자리잡고 있음을 보여주었다는 데 있다.¹⁶⁾

우선 쿤은 ‘서론[만 읽는] 역사’라고 부를 수 있는 지성사의 나쁜 습관에 대해 비판한다. 이는 가령 데카르트의 과학적 작업을 평가함에 있어서 그의 4부작의 서론에 해당되는 『방법서설』만을 읽고, 분석도 그에만 집중하는 연구방식으로 나타난다. 이는 과학혁명을 이해할 때도 새로운 방법론이 과학연구에 가지는 힘에 지나칠 정도로 주목하는 것으로도 나타난다. 또한 베이컨의 경험주의적 설교에 고무되어, 실험을 통해 새로운 과학이론을 평가하고 만들어내는 능력을 역시 지나칠 정도로 강조하는 경향에서도 엿볼 수 있다. 쿤이 추측하기에 이런 태도는 역사학자들이 과학의 역사에 대한 연구결과에서 오직 ‘서론’과 ‘결론’만을 읽는 나쁜 습관에서 연유한다. 이런 습관에 빠진 역사학자들은 과학지식에 대해 일단 올바른 ‘과학적’ 방법론이 확립된 이후에는 기계적으로 그런 방법론을 적용함으로써 차근차근 얻어질 수 있는 그런 종류의 것으로 생각한다. 이 경우 과학사에서 과학적 방법론의 내용과 그것이 성립하게 된 과정을 이해하는 일 이상의 흥미로운 변동을 찾아볼 수 있는 가능성은 원천적으로 배제된 셈이다. 쿤은 이런 견해를 ‘일단 방법론을 손에 쥐고 나면 과학은 역사적이기를 그만둔다’고 표현하고 있다.

쿤이 지적한 이러한 ‘서론 역사’는 적어도 부분적으로는 과학분야가 매우 전문적이 되었다는 사실과 관련이 있다. 특히 수학적으로 전문적인 현대 과학논문은 배경지식을 갖추지 않은 사람들이 읽어서는 그 대강의 내용조차 파악하기 힘들다. 이 점은 과거의 과학에 비

16) Kuhn 1977, pp. 127-161.

해서 현대 과학이 과학계를 넘어선 영향력을 행사하기 어렵다는 점을 시사한다. 라이엘의 지질학에 대한 책이 그 당시 지성계에서 베스트셀러였고 과거의 지질과정을 지배했던 메커니즘이 현재와 동일하다는 그의 주장이 그 당시 사회일반에 상당한 논란을 불러온 사실과, 보어와 아인슈타인 사이의 양자역학의 해석을 둘러싼 논쟁이 그것이 인과율과 같은 우리가 사는 세계에 대한 매우 근본적인 문제에 직접적인 함축을 가지고 있었으면서도 과학계를 벗어난 보다 넓은 지성계에는 별다른 영향을 주지 않았다는 사실이, 이 점을 분명히 보여준다.

이런 측면을 고려할 때, 만약 지성사가 과학이 보다 넓은 지적 흐름에 영향을 준 부분에만 관심을 집중하는 것이 당연하다면 근대 이후 수학화되고 전문화된 과학의 내용 자체보다는 ‘서론’에 담긴 선언적 내용에 관심을 집중할 수밖에 없을 수 있다. 왜냐하면, 다소 역설적이지만, 과학자가 아닌 대부분의 사람들은 과학저술의 서론들만 읽고서 각자가 속한 시대의 과학을 이해했을 것이고, 그러한 이해가 각 시대의 과학의 사회 전반에 끼친 영향을 매개했을 것이기 때문이다. 그러므로 과학의 구체적 내용을 자세히 살펴보지 않는 지성사 연구의 특징은, 특정 전문분야가 그 분야 외부 사람들에게 어떻게 이해되었는가에만 분석을 집중하는 역사학의 연구관례에 입각해볼 때에는 이해할 만한 일일 수 있다.

그러나 쿤에 의하면 이런 연구관례는 역사학이 무엇을 연구하는 학문인가에 대한 잘못된 인식에 근거한다. 쿤의 말을 직접 들어보자.

역사학자들이 각각의 창조적 연구분야의 전개과정에서 역사적이라고 일반적으로 간주하는 것들은, 그 분야들이 보다 넓은 사회 속에서 어떤 방식으로 포괄되어 있는가를 보여줄 수 있는 측면들이다. [그에 비해] 역사학자들이 역사라고 보기 어렵다고 너무도 빈번하게 거부하는 것들은, 개별 분야들에 자체적인 역사를 부여해주는 내재적 특징들이다. 이런 종류의 거부를 가능케 하는 선입견들은 내가 보기에는 심각하게 비역사적이다.¹⁷⁾

쿤은 우선 ‘무엇이 역사적으로 의미있는가’에 대한 이런 견해가(그 견해 자체의 타당성 여부와 관계없이) 역사학자들에 의해서 정합적으로 적용되고 있지 않음을 지적한다. 가령, 영국사나 프랑스사는 영국이나 프랑스에서 벌어진 일들 중 세계사에 직접적인 영향을 준 부분만 골라서 기술하지는 않는다. 오히려, 영국이나 프랑스의 개별적인 역사적 흐름에서 중요하다고 평가되는 내적 기준을 만족하는 모든 요인들을 그 역사적 기술대상으로 삼고 있다. 그렇다면 왜 지리적인 구분에 의한 개별사는 그것이 다루는 모든 주제들이 ‘역사적’

17) Kuhn 1977, p. 152.

인 것으로 인정을 받는 데 비해, 특정집단에 대한 역사(가령, 과학자 집단에 관한 과학사)는 왜 그것이 다루는 주제들 중 오직 일부분만이 ‘역사적’이라고 평가되는가? 쿤이 보기에 이런 속 좁은 견해를 정당화할 아무런 근거가 존재하지 않는다. 이런 점을 역사학자들이 인식하고 나서야, 과학사에 대한 역사학의 태도에 근본적인 변화가 올 수 있고 역사를 진정한 의미에서 종합적으로 이해할 수 있을 것이다.¹⁸⁾ 쿤의 말을 빌리자면, ‘만약 역사학자들이 클라이오[역사를 관장하는 뮤즈의 거미줄에 이어붙인 자국이 존재한다는 점을 인정할 수 있으면, 그럼에도 불구하고 그 거미줄에 균열은 존재하지 않는다는 점을 좀 더 쉽게 인식할 수 있을 것이다.’¹⁹⁾

물론 역사학 일반과 과학사 사이에 이런 바람직스럽지 못한 상황이 발생하게 된 데에는 과학사를 서술할 때 과학활동이 이루어지는 사회문화적 맥락을 전혀 고려하지 않고 오직 과학의 내적 논리만을 지루하게 기술하는 일부 과학사가들에게도 책임이 있다. 쿤도 인정하듯이, 과학이 비전공자들에게는 아무리 읽어도 이해하기 어려운 정도로 전문화된 상황에서 과학의 전문적 내용만을 서술하는 과학사가 다른 역사학자들의 주목을 끌 리 만무하다. 그러므로 쿤은 과학활동과 이를 둘러싼 사회문화적 배경과의 상호작용을 분석하는 과학사에 결코 적대적이지 않았다. 다만 쿤은 이런 상호작용이 함축하는 바를 지나치게 확대해석하지 않고 정확하게 이해해야 함을 강조했을 뿐이다.²⁰⁾

쿤은 그 당시(70년대) 젊은 과학사학자들 사이에서 불고있었던 외적 과학사에 대한 열광에 대해 비판적이었다. 쿤은 이런 연구들이 역사학자들이 가지고 있던 과학에서 어떤 부분만이 역사적인가에 대한 잘못된 생각을 그대로 수용한 채, 과학사도 충분히 ‘역사적일 수 있음을 보여주려고 노력했다고 파악했다. 쿤은 그러한 한계를 지닌 한에 있어서는, 이들 연구가 상당히 성공적이었음을 인정하고 있다. 그러나 이런 경향은 기존 역사학의 편견을 타파하지 못했다는 문제에 더하여, 과학의 내적 개념발달의 흐름을 외적 혹은 ‘역사적 큰 흐름’의 부수적 현상으로 이해하려는 과거 지성사의 잘못된 전통으로 회귀하게 될 가능성을 내포하고 있었다.

쿤은 지성사학자들이 과학이론의 내용을 분석할 때, 너무 쉽게 과학외적인 환경이 과학

18) 물론 이런 발상의 전환이 결코 쉬운 일은 아니다. 이 점은 다른 모든 면에서 볼 때 매우 훌륭한 홉스봄의 『극단의 시대』에서 과학기술의 전개과정이 정치적 역사에 비해 얼마나 조금 다루어지고 그 다루어지는 방식도 얼마나 쿤이 비판하는 전통적 방식인가를 살펴보면 분명해진다. Hobsbawm 1994 참조.

19) Kuhn 1977, p. 153.

20) Kuhn 1977, pp. 115-120. 쿤이 이 부분에서 보여준 ‘보수적’인 모습과 ‘진보적’인 모습의 혼재는 쿤의 과학철학 전반에 걸쳐 나타난다. 이에 대해서는 이상욱 2002 참조.

의 내용에 끼치는 영향을 수용한다고 비판했다. 가령, 케플러 법칙의 발견에서 신플라톤주의가 끼친 영향은 분명히 있지만, 케플러가 행성의 문제를 문제로 인식하고 그 문제를 풀기 위해 노력하는 구체적인 과정은 천문학 내의 전문적인 문제풀이 전통을 이해하지 않고서는 설명하기 어렵다. 이러한 시각에서 쿤은 영의 유명한 다윈주의와 맬서스주의 사이의 연관성에 대한 분석에 대해서도 조심스러운 평가를 견지한다.

이런 비판의 배경에는 성숙된 과학활동이 주변 환경에 대해 가지는 ‘격리’를 강조한 쿤의 입장이 깔려 있다. 즉, 어느 정도 발달한 과학의 정상과학적 활동은 내적인 흐름에 의해서 문제가 정해지고 내부적 기준에 의해 새로운 해답이 평가되고 수용된다는 것이다. 이런 관점에서 볼 때, 쿤이 거의 모든 과학사학자들에게 격찬을 받았던 샤페와 샤펜의 『리바이어던과 공기펌프』에 대해서도 비판적이었음을 쉽게 이해할 수 있다.²¹⁾

쿤은 과학사와 일반 역사학과의 관계를 다룬 논문의 마지막에서 매우 의미심장한 예언을 한 가지 한다. 그는 역사학자들이 분야사에 대해 가지고 있는 편견을 극복하지 않는 한, 외적 과학사 형태의 저술이 일반 역사학자들이 과학사를 읽게 하는 유효한 방법이 될 수 있으므로 앞으로는 제도적인 압력에 의하여 과학사학계가 이런 종류의 역사로 뒤덮이게 될 것이라고 음울하게 진단한다. 그리고 물론, 그 예언은 상당 부분 들어맞았다.

4. 사회문화적 과학사와 철학적 과학사

앞 절에서 살펴본 쿤의 비판이 궁극적으로는 정확함에도 불구하고, 현대 과학사는 쿤이 원했던 방향에서 멀어지고 있는 것이 대세이다. 이는 최근의 과학사 연구가 여러 이유로 역사학 일반에 보다 근접하는 경향을 보여주고 있고, 이는 사회문화사가 적극적으로 강조되는 방식으로 나타나고 있다. 물론 쿤은 과학의 사회문화적 함의를 다루는 것에 부정적이지 않았다. 하지만 그에게는 과학의 발전에 사회문화적 요소의 역할을 밝히는 것이 중요한 만큼, 과학이 성숙된 모습을 보일수록 사회문화적 전개과정으로부터 ‘격리’되는 경향을 보임도 매우 중요했다. 그래서 쿤은 이런 격리를 통해서 얻어진 과학사의 내적 발전을 탐구하는 것을 자신의 작업의 핵으로 삼았다. 그러나 쿤의 과학사 연구방법론에 있어서 이러한 견해는 최근의 과학사 연구에서 점차 빛을 잃고 있다.

21) Kuhn 2000.

철학적 과학사의 선구자이면서 동시에 가장 성공적으로 이를 수행한 사람은 물론 쿤이다. 엄격하게 말한다면 쿤에게 있어서 연구방향의 중심축이 생애를 걸쳐서 과학사에서 과학철학으로 옮겨간 것이 사실이지만, 어떤 경우에도 그 두 연구에 대한 종합적인 관심을 잃지 않았다. 그러나 그는 자신의 과학사 연구가 자신이 선호하는 철학적 입장에 의하여 왜곡되게 하지 않았다. 오히려 쿤은 초기의 집중적인 과학사 연구를 시작하기 전에도 일정한 철학적 개념들을 형성시키고 있었고, 이런 개념들을 항상 염두에 두고서 과학사 연구를 하면서 그 과학사 연구를 통해서 그 개념들을 가다듬고 체계화시켜서 『과학혁명의 구조』와 같은 업적을 이룩할 수 있었다. 70년대 이후의 쿤의 작업은 '공약불가능성(incommensurability)'과 같은 개념들이 함축하는 바를 보다 집중적으로 탐구하는 것이었고, 이 과정에서 쿤은 막스 플랑크와 양자역학의 탄생에 대한 독창적인 연구를 스스로 수행하는 한편, 다른 사람이 수행한 과학사 연구가 함축하는 바를 자신의 개념들로 설명하려는 노력 또한 게을리 하지 않았다. 결국, 쿤이 추구했던 것은 과학이 무엇인지를 이해하는 데 도움을 줄 수 있는 개념들이었고, 그는 자신의 개념들이 과학사의 연구를 통해서 응용되고 더욱 풍부해지기를 원했다.

쿤은 초기 과학사학자들 중 자신이 존경하는 코아레 같은 학자들이 원래의 지적 배경이 철학이었음을 지적하곤 했다. 그래서 그들의 과학사 연구는 개념적인 주제들에 대한 분석에 상당한 양을 할애했다. 쿤은 코아레와 같은 학자가 가능했던 이유가 역사와 철학 사이의 분리가 상대적으로 덜한 대륙의 지적전통에 있다고 분석했다. 그에 비해 현대의 영미 역사학은 현대의 영미 철학과 방법론적으로 상당한 분리를 가져왔다. 이는 역사철학과 철학사를 제외하고는 두 분야가 공동으로 연구를 주고 받을 수 있는 분야가 드물다는 데도 그 이유가 있지만, 쿤도 지적하듯이, 영미 철학은 지나칠 정도로 개념적 분석에 치중한 반면, 영미 역사학은 지나칠 정도로 개념적 분석을 자신의 고유한 영역에서 배제했기 때문이기도 하다.

이런 의미에서 과학사와 과학철학은 또 한번 특별한 상황에 처해있다. 우선 과학사와 과학철학은 여타의 역사학과 철학에 비해 서로 매우 비슷한 현상을 다룬다는 점에서 긴밀한 연관관계를 가지고 있다. 이는 역사철학이 개별 역사학의 연구결과보다는 역사학 방법론이란 역사학 이론과 더 깊은 관계를 가지는 것과는 대조적이다. 그러므로 과학철학의 잘 정선된 개념과 분석들이 과학의 역사를 이해하는 과정에서 사용될 수 있는 가능성은 그만큼 높아지게 된다. 여기서 중요한 문제는 과학철학이 다루고 있는 주제들과 과학사가 다루는 주제들 간의 공통점이 존재하는가의 여부이다. 이런 공통점이 존재할 때에만, 보다 본격적

인 의미에서의 철학적 역사학이 가능할 것이기 때문이다.

다행스럽게도, 몇몇 분야에서 이런 공통적인 연구주제들이 나타나고 있다. 개별과학의 철학을 전문적으로 연구하는 많은 과학철학자들이, 쿤이 기뻐했을 방식으로 각자의 분야의 역사를 연구하고 있다. 가령, 물리학의 철학자들은 비교적 높은 수준의 전문성이 요구되는 20세기 물리학의 영역에서 그 분야의 과학사학자들의 저술과 크게 차이가 나지 않는 작업들을 수행하고 있다. 이들의 문헌에 대한 분석은 역사학의 기준에서도 크게 뒤지지 않는다.²²⁾ 그러나 이들 연구는 사회문화적 영향을 강조하는 과학사 저술과 뚜렷이 구분되는 스타일을 보이는데, 과학의 전문적인 이론의 흐름을 그 흐름의 개념적, 논증적 타당성과 일관성에 입각하여 분석하는 방식으로 나타난다. 또한 그런 흐름이 과학철학의 전통적인 주제에 대해 가지는 함의를(그 함의를 미리 전제하지 않은 채) 분석하고 있다. 어떤 의미로는 쿤이 그토록 강조했던 ‘내적 과학사’가 요즘은 조금 더 철학적인 형태로 몇몇 과학철학자들에 의하여 이루어지고 있다고도 볼 수 있다.

이런 방식으로 과학이론의 내적인 발달과정을 충실히 따라가면서도 그것이 지니는 이론 외적 요소들, 특히 그것의 개념적 혁명의 성격이나²³⁾ 교육과 이론연구와의 상관관계들을 다루는 작업²⁴⁾들은 물론 과학사학자들에 의해 보다 적극적으로 이루어지고 있다. 이들은 과학철학자들에 비해 역사적으로 보다 정교한 방법론을 적용하고 있고, 과학철학자들이 개념적인 문제 자체에만 논의를 집중하는 데 비해서, 보다 넓은 맥락에서 과학연구가 작동하는 방식에 대해서도 관심을 기울이고 있다. 그럼에도 불구하고, 이들이 과학활동의 전문적인 내용의 전개가 단순히 사회문화적 환경과 어떤 방식으로 연결지을 수 있는가만을 생각하기 보다는 과학연구활동의 문화, 즉, 전문가 집단의 문화적 요소를 탐구한다는 데서 그 고유함을 찾을 수 있다. 그러므로 이들 연구는 쿤이 과학의 본성을 이해하기 위해서 그토록 강조했던 과학자 사회의 ‘가치’를 탐구하는 시도로 볼 수 있으며 그런 의미에서 철학적 과학사의 좋은 본보기로 간주될 수 있다.²⁵⁾

22) 이런 의미에서 역사적 엄밀성과 철학적 문제의식의 (비록 상당히 보수적인 과학철학적 견해에 근거해 있지만) 결합을 잘 보여주는 철학자로는 피츠버그 대학의 존 노튼을 들 수 있다. 가령 그의 아인슈타인의 일반상대론에 대한 논의(Norton 1995)나 존 어먼과 함께 쓴 맥스웰의 악마에 대한 논문(Earman and Norton 1998, 1999)은 이런 시도의 좋은 본보기이다.

23) Cf. Wise and Brock 1998.

24) Cf. Warwick 1998, Kaiser 1998.

25) 과학자들의 과학연구 과정을 이해하기 위해서, 그리고 그 연구과정에서 작동되는 합리성과 객관성의 본질을 규명하기 위해서 쿤은 과학자들이 이론선택과정에서 사용하는 ‘가치’들에 주목할 것을 강조했다. 이에 대한 논의는 Kuhn 1977, pp. 320-339 참조.

과학의 전문적인 내용을 철학적인 분석도구를 사용하여 탐구하거나 과학자 사회의 내적 ‘가치’들이 과학의 내용적 전개과정에 영향을 미치는 방식을 연구하는 형태의 철학적 과학사는 이미 과학사학자와 과학철학자들 모두에 의해서 상당히 많이 연구되고 있다. 그러나 이런 형태를 넘어서서 새로운 철학적 과학사의 형태를 모색하는 시도는 그다지 눈에 띄이지 않는다. 그러나 최근 몇몇 저자들에 의하여 새로운 방향이 모색되고 있는 것은 철학적 과학사 연구의 미래를 위해 매우 고무적인 일이다. 갤리슨²⁶⁾과 샤프인²⁷⁾의 최근 작업은 과학의 역사의 ‘기술적(descriptive)’ 연구와 그에 바탕한 과학의 본성에 대한 ‘규범적(normative)’ 연구 사이의 전통적 구별을 뛰어 넘어서 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 또한 장하석의 최근 일련의 작업²⁸⁾들은 과학연구를 암묵적으로 (혹은 혁명적 시기에는 명시적으로) 규제하는 형이상학적 가정들의 내용과 형이상학적 요구조건들이 과학자간의 논쟁에서 결정적인 방식으로 적용되는 다양한 사례들을 분석함으로써, 과학사와 과학철학이 생산적으로 상호작용할 수 있는 매우 참신한 영역을 열어가고 있다.

5. 맺음말

이 글에서 필자는 과학사와 과학철학이 접점을 이룰 수 있는 두 분야를 지적하고 각각의 분야가 생산적으로 연구될 수 있으며, 실제로 현재까지 이루어지고 있는 연구업적들이나 현재 활발하게 논의되고 있는 연구분야들을 살펴볼 때 이런 가능성은 현실로 이루어지고 있다고 주장했다. 과학사의 연구결과에 보다 민감하고, 이에 더하여 현재 과학이 연구하는 문제들에 대한 깊은 이해를 현재 과학이 연구되는 구체적인 방식에 유념하면서 연구하는 개별과학에 대한 철학은 이런 접점의 한 축을 구성한다. 마찬가지로 개별과학의 전문적인 문제들을 자연과학이 연구되는 과정에서 나타나는 ‘격리’효과를 고려하여 그 논증의 타당성을 엄격하게 따지는 연구분야에 있어서는, 엄밀한 개념분석과 미묘한 논증의 차이에 주목하여 과학연구의 보다 일반적인 함의를 탐구하는 과학철학적 시각이, 과학사 연구에 활발히 원용되고 있다. 이런 분야까지 포함하여 후기 쿤의 저작에서 나타나는, 역사적 과학철학의 한계를 넘어서서 과학의 역사적 개별사례들의 일반적인 특징에 근거하여 과학이

26) Galison 1997.

27) Shapin 1994.

28) Chang 1999 and forthcoming.

무엇인가에 대한 답을 모색하는 연구 또한 철학적 역사학의 연구분야로 지목될 수 있을 것이다.

한 가지 언급할 점은, 필자가 이런 두 분야의 접점을 강조하고 그런 연구들의 두 분야 모두에 대한 유용성을 강조한다고 해서 두 분야가 각자의 분과학문으로서의 정체성을 잃게 되어, 가령 과학학(science studies) 연구로 용해되리라 기대하지는 않는다는 점이다. 과학철학의 주제들 중에는 확률의 개념을 논리학과 연결하여 분석한다든가, 현대 우주론의 형이상학적 함의를 논하는 등의 과학사와 접점을 찾기 어려운 분야가 존재하고 이런 분야의 연구는 그것이 가지는 철학적 중요성을 고려할 때 그 독자성이 결코 간과될 수 없는 분야이다. 마찬가지로 사회문화적 영향을 중시하고 상대적으로 과학이론의 내적 흐름에 대한 엄밀한 분석에 덜 치중하는 최근의 과학사의 일부 연구영역은 그것이 과학사와 역사학의 접점을 넓혀준다는 점에서 매우 고무적이지만, 과학철학자들의 연구와 연결점을 찾기는 쉽지 않다.²⁹⁾ 게다가 두 분야의 생산적인 만남을 위해서는 각각의 독특한 연구방법론을 지속적으로 발전시켜나가야 하는 것이 필요하다. 결국 현대 사회에서 과학이라는 현상을 이해하기 위해서는 과학사와 과학철학, 그리고 여타의 과학학 분과학문의 연구성과를 종합적으로 엮어내야 하겠지만, 그런 연구성과들은 각자의 독특한 시각을 최대한 발전시켜 나가면서 각 분야간의 접점들을 생산적으로 발전시켜나감으로써만 얻어질 수 있을 것이다.

6. 에필로그

송상용 선생님은 당신의 학문적 여정의 매우 초기단계부터 과학사와 과학철학 모두에 고루 관심을 갖고 연구활동을 해오셨다. 국내학계 뿐 아니라 외국학계에서도 두 분야에 대한 지적 관심을 일관되게 유지한 학자를 발견하기는 쉽지 않다. 당신께서 스스로 과학사학회와 과학철학학회의 회장직을 모두 역임한 분으로는 아마도 쿤과 당신이 유일할 것이라고 자랑스러워 하시는 것도, 두 분야 모두에 대한 송상용 선생님의 지극한 애정을 보여주는 것이라 생각한다.

널리 알려져 있다시피, 토마스 쿤 역시 과학사와 과학철학 모두에 강한 애착을 가지고

29) 그렇지만, 이런 연구가 전혀 가능하지 않은 것은 아니다. 과학지식의 사회적 성격에 대한 철학적 고찰을 시도하는 Shapin 1994과 Longino 1990이나 과학의 발전에서 은유가 지니는 역할을 사회문화적 맥락에서 분석한 Keller 1995, Keller 2002가 좋은 예이다.

있었고, 두 분야에 두루 큰 업적을 남겼던 사람이다. 한 가지 재미있는 점은 토마스 쿤의 지적 여정과 송상용 선생님의 지적 여정이 결정적인 순간에 서로 마주쳤던 지점이 존재한다는 사실이다. 쿤은 60년대 초반까지 영미 과학철학의 표준적 견해였던 ‘수용된 견해(received view)’에 대한 결정적인 반론을 제기한 것으로 유명하다. 아직까지도 ‘수용된 견해’에 대한 권위있는 서술로 인정되는 수피(F. Suppe)의 『과학이론의 구조』(The Structure of Scientific Theories)는, 1969년 3월 26-9일에 미국 일리노이 주립대학 어배너 캠퍼스에서 ‘과학이론의 구조’를 주제로 열렸던 심포지움에서 발표되었던 글들을 모은 후, 수피가 이 글들에 대한 서문의 형태로 ‘수용된 견해’를 정리해 놓은 책이다.³⁰⁾ 물론, 이 심포지움에서 쿤의 이론은, 헨슨과 파이어아벤트의 견해와 함께, ‘수용된 견해’에 대해 심각하게 도전하는 입장으로서는 집중적인 조명을 받았다. 송상용 선생님은 쿤의 『과학혁명의 구조』가 과학사와 과학철학에 대해 당신이 기존에 가지고 있었던 생각을 혁신적으로 흔들어 놓았던 순간을 아직까지도 선명히 기억하고 계신다. 그런 선생님께서(미국 유학시절) 이 심포지움에 참석하실 수 있는 기회를 충분히 즐기셨으리라는 점은 쉽게 짐작할 수 있다. 송상용 선생님은 쿤과 애칭스타인을 비롯한 다른 학자들이 벌인 격렬한 토론과정을 지켜보시면서 강한 인상을 받으셨던 것 같다. 선생님께서는 누가 더 ‘거물’인가가 너무도 분명하셨다.³¹⁾

참고문헌

- 송상용 1994, “토마스 쿤의 「과학혁명의 구조」”, 『책, 어떻게 읽을 것인가?』, 민음사.
- 이상욱 2002, “토마스 쿤 과학철학의 몇 가지 주제들”, 한국 과학철학회 2002년 하계학술세미나 자료집.
- 조인래 (편역) 1997, 『쿤의 주제들: 비판과 대응』, 이화여자대학교 출판부.
- 홍성욱 1999, 『생산력과 문화로서의 과학기술』, 문학과 지성사.
- Buchwald, Jed Z. and George E. Smith 1997, “Thomas Kuhn, 1922-1996”, *Philosophy of Science* 64: 361-376.
- Chang, Hasok 1999, “History and Philosophy of Science as a Continuation of Science by Other Means”, *Science and Education* 8: 413-425.

30) Suppe 1977.

31) 송상용 1994.

- Chang, Hasok, forthcoming, *The Philosophical Thermometer*.
- Earman, John and Norton, John D. 1998, "Exorcist XIV: the wrath of Maxwell's demon (Part I: From Maxwell to Szilard)", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 29: 435-471.
- Earman, John and Norton, John D. 1999, "Exorcist XIV: the wrath of Maxwell's demon (Part II: From Szilard to Landauer and Beyond)", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 30: 1-40.
- Galison, Peter 1997, *Image and Logic: a material culture of microphysics*, Chicago: University of Chicago Press.
- Heilbron, J.L. 1998, "Thomas Samuel Kuhn, 18 July 1922-17 June 1996", *Isis* 89: 505-515.
- Hobsbawm, Eric 1994, *Age of Extremes: the short Twentieth century 1914-1991*, London: Abacus.
- Horwich, Paul (ed.) 1993, *World Changes: Thomas Kuhn and the Nature of Science*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Kaiser, David 1998, "A ψ is just a ψ ?: pedagogy, practice, and the reconstruction of general relativity, 1943-1975", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 29: 321-338.
- Keller, Evelyn Fox 1995, *Refiguring Life: Metaphors of Twentieth Century Biology*, New York: Columbia University Press.
- Keller, Evelyn Fox 2002, *Making Sense of Life: Explaining Biological Development with Models, Metaphors, and Machines*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuhn, Thomas S. 1970, *The Structure of Scientific Revolutions*, second, enlarged edition, Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Kuhn, Thomas S. 1977, *The Essential Tension: selected studies in scientific tradition and change*, Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Kuhn, Thomas S. 1993, "Afterwords", in Horwich 1993.
- Kuhn, Thomas S. 2000, *The Road since Structure: philosophical essays, 1970-1993, with an autobiographical interview* (edited by James Conant and John Haugeland), Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Lakatos, Imre and Musgrave, Alan E. (eds.) 1970, *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Longino, Helen E. 1990, *Science as Social Knowledge*, Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Norton, John D. 1995, "Did Einstein Stumble?: the debate over general covariance", *Erkenntnis* 42: 223-245.
- Shapin, Steven 1994, *A Social History of Truth*, Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Suppe, Frederick (ed.) 1977, *The Structure of Scientific Theories*, Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Van Fraassen, Bas C. 1980, *The Scientific Image*, Oxford: Clarendon Press.
- Warwick, Andrew 1998, "A Mathematical World on Paper: written examination in early 19th century Cambridge", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 29: 295-320.
- Wise, Norton M. and Brock, David C. 1998, "The Culture of Quantum Chaos", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 29: 369-390.