

◇ 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 과학연구를 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 응용연구와 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 씌어졌

1) 20세기 과학연구의 역사에 대한 국내 저술로는 송상용 저, 『서양과학의 흐름』 (강원대학교 출판부, 1990), 제 24장 “20세기 과학기술혁명”, 김영식, 임경순 저, 『과학사 신론』 (다산출판사, 1999)를 참조.

다. 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 기센 대학의 화학자 리비히(Justus Liebig)와 쾰니히스베르크 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 시

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.

립대학(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 초빙했고, 생물학 교수로 헉슬리(Thomas Huxley)의 조수 마틴(H.N. Martin)을, 화학과 물리학 교수로는 당시 20대 후반의 미국의 소장학자인 램센(Ira Remsen)과 로울랜드(Henry Rowland)를 각각 임명했다. 이들에게는 월급 이외에 매년 우수한 학생과 조교를 유인하기 위한 기금 500불이 주어졌다. 램센과 로울랜드는 각각 존스홉킨스 대학의 화학과와 물리학과를 미국의 과학의 중심으로 만든 인물이었으며, 특히 램센은 길먼에 이어 대학의 2대 총장에 취임해서 길먼의 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 것이었다기보다는 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. 램센과 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 램센의 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 Jordan)도 “우리가 우주를 더 잘 이해할 수록 우리와 다른 사람들과의 관계, 우리자신들과

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.

의 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⁾

따라서 당시 대학 교수들은 안정적이고 지속적인 연구비가 부재한 상태에서 연구를 수행해야 했다. 대학밖에 럼포드 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 자연과학 연구소를 세우려 했지만 실패했고, 이후 하버드대학, 카네기재단, 미국과학진흥협회에 접근

4) 존스홉킨스 대학의 마틴의 실험실과 예일, 하버드 대학의 비교는 Larry Owens, “Laboratories, Playing Fields, and Gymnasiums in the Nineteenth-Century Search for Order,” *Isis* 76 (1985), pp. 182-194를 볼 것. 렘센의 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 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. 139-172가 있다.

해서 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. 램센도 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 검사하는 일을 담당하게 했지만, 이 당시에는 새로운 과학지식을 얻어내기 위한 연구를 지원하지는 않았었다. 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⁾

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 접점에 대해서는 Hollinger, “Inquiry and Uplift,” pp. 147-148을 참조.

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), 383-408을, 바이에르 연구소에 대한 좋은 분석으로 Georg Meyer-Thurrow, “The Industrialization of Invention: A Case Study from

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, GE는 1900년에 “독창적인 연구에 전념하기 위한” ‘실험전기화학연구소’를 개원했다. GE의 연구소는 MIT 교수였던 휘트니(Willis Whitney)를 연구소 소장으로 초빙했으며, 독일 라이프찌히 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 랭뮈어(Irving Langmuir)와 같은 유능한 물리화학자를 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 랭뮈어가 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 쿨리지나 랭뮈어같은 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 나아가

the German Chemical Industry,” *Isis* 73 (1982), 363-382을 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), 123-131이 있다.

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.

서 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 자금 동원이 용이하고 장기적인 투자가 가능한 대기업에 적합한 것이었기 때문이다. 그렇지만 이들 연구소들이 과학에 미친 영향은 무시할 수 없었다. 1920년대에는 물리학 박사학위소지자 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 다변화와 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

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.

기술을 기업전략에 맞게 특허화하고, 이 특허를 기반으로 제후와 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 대서특필되었다. 듀폰의 개가는 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 전가·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⁾

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. 26참조. 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. 125-127참조. 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.

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

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 쓰롭 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 전쟁 관련 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 영구기관이 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 건설할 기금을 기부했으며, “예

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.

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.

외적으로 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 쓰롭 공과대학을 미국의 과학연구의 중심으로 성장시켰다. 헤일은 분광학(spectroscopy)을 매개로 해서 천문학, 물리학, 화학의 협동연구를 이룰 때 과학의 진보에 상승작용을 일으킬 수 있다고 믿고 이미 1차 대전 중에 NRC를 통해 친분을 쌓은 밀리컨과 노이에스를 비상근 겸임교수로 쓰롭 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 쓰롭 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 20개나 지원했고, 노이에스는 이런 후원을 바탕으로 칼텍의 화학과를 액션 결정화학을 기반으로 한 미국 물리화학의 중심지로 성장시켰다. 라이너스 폴링(Linus Pauling)은 노이에스의 실험실

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 Cohen, “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.

이 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, 전기공학과의 잭슨(Douglas Jackson)은 1907년에 GE와 함께 산학협동 교육프로그램을 시작했다. 화학과의 위커(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 MIT를 성장시키는 데 동력이 되기도 했지만 동시에 기초연구를 경시하는 경향을 낳았다. 노이에스가 칼텍으로 떠난 데에는 위커와의 불화가 큰 이유로 작용했으며, 1920년대에 MIT의 물리학과는 전기공학과의 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 대학교수들의 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

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.

15) MIT에서 노이에스의 물리학과 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.

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 대학의 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, 화이트 엔지니어링사의 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 스윙피(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, NRPB의 사회과학자들은 역으로 국가 행정에 과학자들이 개입하는 것이 정부의 힘을 약화시킬 수 있다고 SAB에 반대했다. 과학자들은 정부의 통제를 두려워하고 정부는

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 워렌 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.

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 톨맨(R.C. Tolman)과 같은 과학자들이었거나 과학의 힘을 신뢰했던 제임스 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 의장을 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 ‘천문학적’ 연구비를 수혜할 수 있었다. 부시가 창안해 낸 연구계약(contracts)은 과학의 자율성을 최대한 보장하면서 정부의 지원을 과학으로 돌릴 수 있는 “혁명적인” 기제였다.¹⁹⁾

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. 29참조. ‘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.

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,

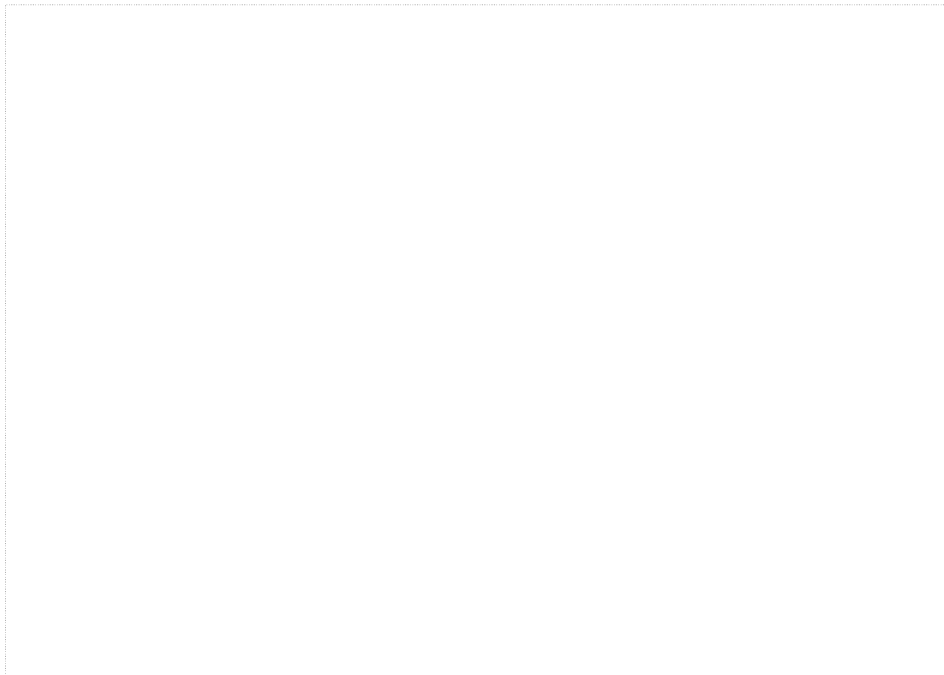


그림. 1940년 버클리의 한 모임에서 바니바 부시 왼쪽에서3 번째 제임스 코난트 부시의 오른편 칼 컴프턴(코난트의 오른편)

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 지원해야 한다는 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 1945년에

“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.

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 주장

서 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 윌로우런 연구소, 스탠포드 대학의 마이크로파연구소, 전자공학연구소, 고에너지연구소와 선형가속기센터, 칼텍의 제트추진연구소(JPL), 버클리의 로렌스 방사연구소 등의 크고 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

한다. 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.

- 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.

벨연구소와 같이 국방부와 수주계약을 꺼리던 민간 기업체 연구소마저도 군사무기개발 연구계약을 맺도록 만들었다. 비록 한국전쟁 중에 괄목할만한 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 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. NIH역시 1955년에서 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 기초연구를 위한 연방정부의 총 대학지원금은 1억7천8백만 달러에서 12억5천1백만 달러로 약 7배 증가했다. 결과적으로 1950년대 초반에는 대학의 연구 중 기초연구와 응용연구가 대략 반반이었지만, 1963년이 되면 대학의 기초연구에 투여되는 연구비는 응용연구의 7-8배를 넘게되었다.²³⁾

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. 312-333이 있다.

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.

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⁾

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

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 연구는 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.

카네기 대학과 합병해서 카네기멜론(Carneige-Mellon) 대학이 되었다. 클리블랜드에 위치한 케이스 인스티튜트(Case Institute)와 웨스턴리저브 대학도 1960년대에 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⁾

변화는 대학의 과학에만 찾아온 것도 아니었다. 미국의 공학교육은 전통적으로 ‘연구’를 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

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, “The Faustian Dilemma of Funded Research at Case Institute and Western Reserve, 1945-1965,” *Science, Technology, and Human Values* 18 (1993), 303-314를 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.

1950년 NSF의 설립 이후 사회와 과학 사이에는 대략 <사회는 장기적인 효과를 염두에 두고 기초과학을 지원하되 어느 기초과학이 지원 대상이 될 것인가는 사회가 아니라 과학자 사회의 전문심사(peer review)가 결정하며, 대신 과학자들은 지원 대상의 설정과 연구의 수행에서 공정하고 규범에 충실해야 한다>는 “계약”이 성립되었다. 연방정부의 정책은 기초연구에 초점이 맞춰졌는데, 이러한 정책의 기조에는 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. 1960년대를 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 드레이퍼 연구소로 바꾸고 연구 주제도 민간연구 쪽으로 선회했으며, 미국 정부는 1970년에 맨스필드 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 왔

27) 1950년대와 60년대 초엽의 기간 동안에 기초연구에 대한 믿음이 거의 ‘맹신’에 가까울 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.

고, 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 비디오텍스를 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⁾

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 경제성장이 (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 순수과

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

학이 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, 정부로 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

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.

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: 한마일 대학을 중심으로.』 고려대학교 대학원 박사학위논문 2000도 도움이 된다.

일본의 부상이 뒤따랐다. 기초연구에 투자를 덜하는 일본 기업이 이론 현격한 기술혁신의 예가 소개되면서 미국이 대학의 순수연구의 결과를 신상품과 공정을 변화시키는 방향으로 충분히 사용하지 못하고 있다는 것이 비판의 대상이 되었던 것이다. 학술지에 출판된 기초 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 연구 개발 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 특허화해서 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

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.

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 연방 기술이전법(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 지원 대상에 포함시키고 “범용기술 연구센터”(Centers for Research into Generic Technology, COGENT)를 지원하기 시작했다. 그 결과 1980년대를 통해 신소재, 시스템 공학, 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 공학‘연구’의 경우 이를 과학연구와 유사한 대상으로 취급할 수 있다는 인식의 변화를 반영한 것이었다. 1975년 하버드 대학과 몬산토사 사이에 2천 3백만 불짜리 연구계약이 체결된 것을 시발로, 1980년에 MIT와 엑손이 8백만 불짜리 연구계약을 체결하고 1981-82년 사이에 미국 반도체 기업연합과 화학회사들이 수백만 불이 넘는 연구기금을 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⁾

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 피하려했던 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.

35) “US Technology Strategy Emerges,” *Science* 252 (5 Apr. 1991), 20-24; Kleinman, *Politics on the*

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 스탠포드대학은 31개회사와 배타적 라이선싱을 체결해서 1백 4십만 달러의 로열티 수입을 올리는 데 성공했다. 유전자재조합법과 인간이 만든 박테리아에 특허가 부여되기 2-3년 전부터 이미 과학계와 기업은 물론 정부도 생명공학의 잠재력을 인식했다. 유전자재조합법을 공동 발견한 보이어는 벤처기업가 스완슨(Robert Swanson)과 합작해서 1976년에 첫 생명공학 벤처기업인 제네펜테크(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)와 같은 공학적인 것이었음에 반해 1980년대 이후는 분자생물학, 약학, 화학, 전기, 그리고 맨 마지막이 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 연구

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 전회했고, NIH에서도 개인의 지원에서 팀지원이 증가하는 경향을 보였다는 것이다. Slaughter and Rhoades, “Emergence of a Competitiveness,” pp. 326-27.

36) 코헨과 보이어의 특허에 대한 분석은 Sally Smith Hughes, “Making Dollars out of DNA: The First Mjaor 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.

구는 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 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 경제정책의 핵심에 놓으려했던 정부의 의도를 잘 드러낸 것이었다.³⁸⁾

급속하게 변하는 신기술의 지식원천으로 정부와 기업은 모두 대학을 주목했다. 1990년대

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.

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.

에 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 파트너쉽 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 시작했다는 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 꾀하고, 정부가 이러한 대학-산업의 새로운 산학협동을 적극적으로 증개한다는 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 기초지식을 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 실

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.

정이다. 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⁾

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 속해 있는 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

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. 기업이 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, 슬로엔케터링 암센터, 듀크대학의 두 학과의 27명의 과학자들을 저자로 하고 있었다. Powell and Owen-Smith, "Universities and the Market," on p. 266.

과학연구를 수행하는 주체는 19세기에 대학부터 시작해서 20세기에는 기업과 정부로 확산되었다. 대학에서는 석박사 교육과정과 맞물려서 실험실과 세미나 위주의 연구가 이루어졌고, 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 아낌없는 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 공정개발에 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, 교육행정가들의 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 지원해야 하는가, 대학의 연구가 기업에 의해 점점 더 좌우되는 지금에 대학의 독립성과 학문의 자유는 어떻게 지켜야 하는가, 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-

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).

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

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, 1939-1945년 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.

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.