

과학과 기술의 결합 과정에서의  
과학자사회와 기술자사회의 능동적 역할에 대한 시론  
Essay about the Active Role of the Scientific Community and the Technological  
Community in the Coupling Process between Science and Technology

강윤재(yjkang\_99@yahoo.co.kr)

소속 기관: 고려대학교 과학학협동과정

전화번호: 02-938-3491

## 1. 글을 시작하면서

자연과 사회에 대한 개념 정의와 같이, 과학과 기술에 대한 개념 정의가 시대와 사회(문화)에 따라 다르게 사용되고 있다는 점은 과학과 기술의 본질(essence)이 무엇 이냐를 둘러싼 경계설정 논쟁(demarcation dispute)보다는 경계 작업(boundary work)이 보다 설득력이 있음을 보여주는 한 예일 것이다(Gieryn, 1983, 1995). 라투어(Latour)는 '기술-과학'(techno-science)이라는 새로운 용어를 사용하여 과학과 기술이 서로 분리될 수 없음을 주장하였다. 이런 입장들은 전통적인 과학사학자들이나 과학철학자에게서 흔히 볼 수 있듯, 서로는 명백히 분리되어 있다는 주장과는 매우 다른 인식의 일단을 보여주고 있다.

한편, 사회적으로 과학과 기술이 위계적 의미를 함의하고 있음은 비교적 명백한 것 같다. '기술은 응용과학이다'라는 명제는 이런 위계성을 잘 드러내준다. 여기에는 자연 속에 숨겨진 비밀을 밝혀주는 과학이론(지식 요구)에 대한 우월성과 그러한 지식을 바탕으로 인공물을 생산하기 위한 설계나 공정은 독립된 과정이 아니라 부속적 과정이라는 인식이 자리잡고 있다. 이런 명제가 사회적으로 정당성을 확보하고 있다는 사실은—심지어 공학자에게 있어서도—이런 위계성이 상당히 뿌리 깊은 것

임을 나타내준다. 하지만, 지난 20여년 동안 이루어져 왔던 기술사학자들의 연구는 당연시되는 이 명제의 정당성에 파열음을 내기에 충분한 것이었다.

1970년대 이후 기술사학자들의 연구가 암묵적으로 기술사를 독립된 분과로 만들려는 목적에 기반하고 있다는 것을 부정할 수는 없지만 그들은 주로 과학과 기술의 비대칭적(위계적) 관점이 '지식으로서의 과학'과 '실천으로서의 기술'이라는 전통적인 관점에 근거하고 있다고 진단하고 '지식으로서의 기술'의 문제에 주목함으로써 과학과 기술의 문제에서 상당히 진전된 논의를 전개할 수 있는 토대를 닦았다(홍성욱, 1995, pp. 398~423).<sup>1)</sup> 그 결과 많은 연구가 진행되어 '과학과 기술의 상호작용 모델'이 제출되었다(Barns & Edge 1982, p. 151).<sup>2)</sup> 하지만 이 분야의 일련의 연구들은 과학에 대한 기술의 독자성과 그것을 바탕으로 한 과학과 기술의 관계에 주로 주목하고 있는 까닭으로 과학과 기술의 결합과정에서의 과학자사회와 기술자사회의 능동성에 대한 깊이 있는 논의의 전개에는 일정한 한계를 보이고 있다. 따라서 이 글에서는 기존의 과학과 기술의 관계에 대한 연구성과를 바탕으로 과학과 기술의 결합과정에서 과학자사회와 기술자사회의 능동적 역할에 주목하여 새로운 차원의 논의를 위한 시론을 제시하고자 한다.

한편, 과학과 기술의 결합에서 사회가 미친 영향은 결코 무시할 수 없다. 그것은 과학자사회와 기술자사회가 사회 속에서 비교적 동일한 제도적 특성을 지닌 조직으로 탄생, 유지, 발전해왔던 까닭에 문화적·역사적 배태성(embeddedness)을 지니고 있다는 사실로부터 잘 알 수 있다(Ben-David, 1984).<sup>3)</sup> 따라서 사회적 요소에 대한 고려는 이 글의 목적을 위해서는 필수적인 것이다. 하지만, 이 글에서는 과학과 기술의 사회화는 산업혁명 이후 기업의 상업적 요구와 국가의 군사적 요구 등에 의해서서히 진행되다가 세계대전을 겪고나서 급속히 진전되었다는 기존 연구의 성과(McGinn, 1991, pp. 13~29)를 염두에 두면서도 그와는 다른 입장에서 접근하고자 한다. 그것은 이런 접근이 주로 과학과 기술과 사회를 대립항으로 두고, 사회적(외적) 필요성에 의한 과학과 기술의 결합을 주장하는 까닭에 그 과정에서의 과학자사회와 기술자사회의 능동성을 살펴보기에는 한계를 노정하고 있다고 판단되기 때문이다.

1) 홍성욱은 '지식으로서의 기술'의 문제를 넘어서서 '실천으로서의 과학'의 문제까지를 폭넓게 다루면서 과학과 기술의 상호작용의 바람직한 방향을 제시하고 있다.

2) 과학과 기술의 위계적(hierarchical) 모델과 대칭적(symmetrical) 모델에 대한 비교에 대해서는, Barry Barnes and David Edge(eds.), *Science in Context : Reading in the Sociology of Science*(The Open University Press, 1982), p. 151.을 참조할 것.

3) Ben-David의 주된 관심은 과학의 자율적을 위한 사회적 조건이었다. 그는 탈중심, 민주적 제도 하에서의 학문적 경쟁이야말로 미국 과학이 세계 과학의 중심으로 설 수 있었던 이유로 꼽고 있다. 하지만 그의 영국, 프랑스, 독일, 미국의 사례연구로부터 각 국가의 과학적 전통과 특징이 다름을 살펴보는 것은 그리 어려운 일이 아니다. 이것은 과학활동의 주체인 과학자사회가 서로 다른 사회적 조건 속에서 서로 다른 특징을 가지고 있음을 함의하고 있다.

이를 위해서 이 글에서는 우선 실천의 관점에서 과학과 기술의 관계를 검토하고 있다. '지식으로서의 기술'과 '실천으로서의 과학'이라는 명제에서 한 단계 더 나아가 실천으로서의 과학과 기술을 봄으로써 과학과 기술의 결합이 보다 분명해질 것이기 때문이다. 그리고 둘째로는 과학과 기술의 사회화되는 과정에서 분기점이 되었던 전문직업화 과정에 주목하고 있다. 과학과 기술의 전문직업화는 과학과 기술의 사회화가 과학자사회와 기술자사회의 제도화와 밀접히 관련되어 있음을 보여주는 좋은 예일 뿐만 아니라 과학과 기술의 사회화 과정에서의 과학자사회와 기술자사회의 능동성 역할의 원인을 밝혀주는 좋은 예이기 때문이다. 셋째로는 과학·기술과 사회의 관계를 살펴보고 있다. 여기서는 주로 과학·기술이 태생적으로 사회와 밀접한 관련을 맺고 있었음을 밝히고 있다. 이것은 과학·기술이 태생적으로 사회로부터 독립적이지 않았으며, 따라서 과학·기술과 사회를 대립항으로 설정하는 것은 적절치 못하다는 것을 보이하고자 했기 때문이다. 넷째는 앞의 논의를 바탕으로 과학과 기술의 내적 결합 과정에 대해 살펴보고 있다. 여기서 '내적 결합'이란 개념을 사용하고 있는 것은 사회적 영향에 주로 초점을 맞추고 있는 '외적 접근'과 구분하고자 했기 때문이다.

## 2. 실천으로서의 과학과 기술

맥긴(McGinn)에 의하면, 과학과 기술은 과거에는 분리되어 있다가 현대로 오면서 상호의존적 관계로 발전하였다(McGinn, 1991, p. 19) 대다수 기술사학자들의 최근의 주장도 이와 크게 다르지 않다.

1986년 10월 24일, 미국의 피츠버그에서 열렸던 기술사학회(the Society for the History of Technology)의 회장 취임 연설(presidential address)에서, 레이턴(Layton)은 카롤(Carroll)의 고전인 Through the Looking Glass의 엘리스를 통한 비유로부터 현재 과학과 기술 활동 사이에는 차이가 없음을 주장하였다(Layton, 1986, pp. 594~607).

레이턴은 카롤의 책에서 엘리스를 등장시켜 유리 너머에 있는 또다른 實在(reality)를 발견한다는 것을 비유하여, 엘리스로 하여금 거울을 사이에 둔 양쪽 방에서 일에 열중하고 있는 사람들을 보게 하였다. 한쪽에는 '과학', 다른쪽에는 '기술'이라는 표시가 되어 있었다. 하지만 엘리스가 보기에는 양쪽의 차이를 구별하기란 쉽지 않은 일이었다. 그 이유는 양쪽 방에 있는 사람들이 하는 일이 너무도 유사해 보였기 때문이다. 그들의 모습은 마치 '거울에 비친 쌍둥이'(mirror-image twins)처럼 보였던 것이다.

이런 레이턴의 비유는 그 자신이 과학으로부터 기술의 독자성—즉, 공학—을 강조

하기 위해 천착했던 ‘지식으로서의 공학(기술)’을 넘어 ‘활동으로서의 과학과 기술’의 문제를 봐야함을 보여주고 있다. 엘리스가 보고 있는 것은 단지 현상에 불과할 뿐이라고 우리를 설득하고자 하는 과학자나 과학사학자 등에게 우리는 거꾸로 다음과 같은 질문을 해볼 수 있을 것이다.

만약 과학과 기술을 과학자와 기술자<sup>4)</sup> 자신이 ‘실제로’ 하는 활동(the practice what scientist and technologist ‘actually’ do)이라고 본다면, 현대에 와서 과학자와 기술자의 활동(실천)에서 어떤 차이를 발견할 수 있을까?

현상적으로 봤을 때 과학과 기술 활동의 차이는 비교적 명백할 것 같다. 하지만, 과학이나 기술 활동의 현장에 조금이라도 발을 들여놓는다면 이 두 활동의 구분이 생각처럼 쉽지 않음을 금세 알 수 있다(생명공학을 연구하는 생물학과 교수는 공학자(기술자)인가 과학자인가? 그가 하는 것이 과학인가 공학(기술)인가? 어쨌든 그가 과학 이론에 주된 관심을 두고 있기 때문에 그를 과학자라고 할 수 있지 않을까? 만약 그가 이론에 대한 관심보다는 응용에 대한 관심을 가지고 있다면 그는 그 순간부터 기술 활동을 하고 있는 것인가? 만약 그가 이론과 응용 모두를 한다면 어떻게 되는가? 책상에 앉아서 공부를 하거나 이론에 대해 동료와 토론하는 동안은 과학자였다가, 응용에 돌입하는 순간부터는 기술자가 되는 것일까? 혹시 기초연구를 주로 하는 교수는 과학자이고, 응용연구를 주로 하는 교수는 기술자가 아닐까)

한편, 누구에 의해서 행해졌든 과학이란 자연에 대한 객관적 지식의 합법칙적 체계이기 때문에 설계와 공정을 위한 실천 체계—또는 이론 체계—인 기술과는 구별될 수 있다는 주장은 설득력을 가진다. 포퍼(Popper)에 의해 정식화된 ‘세계 3’으로서의 ‘객관적 지식’(objective knowledge)도 이런 맥락으로 이해될 수 있을 것이다. 많은 과학철학자들이 과학의 합리성—이를 주장한 대표적 학자인 라카토스(Lakatos)는 과학의 ‘합리적 재구성’(rational reconstruction)을 주장하였다—과 객관성에 많은 의미를 부여하는 것도 과학의 이런 성격에 주목하고 있기 때문이다.

과학 지식의 본질과 발전과정을 둘러싼 논쟁은 과학의 상대주의 논쟁을 포함하여 과학철학자들과 과학사회학자들 사이에서 치열하게 전개되어 왔다. 이 논쟁 과정을 제대로 정리한다는 것은 그 자체가 쉽지 않은 일일 뿐 아니라 서로의 입장 차이로 인해 설령 정리한다고 해도 모두를 만족시킬 수 있는 것은 되지 못할 것이다. 실증주의자(카르납Carnap, 라이헨바흐Reichenbach, 파이글Feigl 등), 실재론자(포퍼Popper, 셀라스Sellars, 퍼트남Putnam 등), 상대주의자(콰인Quine, 로티Rorty, 피어아벤트Feyerabend 등), 실용주의자(피어스Peirce, 라우든Laudan, 듀이Dewey 등) 사

4) 공학(자)을 기술(자)과 같은 범주로 볼 것인가에 대해서는 異論의 여지가 있다. 레이턴이 ‘지식으로서의 기술’을 말했을 때, 기술은 다분히 공학에 가까운 것이었다. 하지만 대다수의 기술사학자들이 공학과 기술을 별다른 차이 없이 사용하고 있기 때문에 여기에서도 둘을 구분하지 않고 같은 의미로 사용하도록 하겠다.

이의 논쟁을 자신의 입장(실용주의)에서 그리고 있는 라우든의 글은 주로 상대주의를 비판하려는 목적에서 쓰여진 것이지만, 서로 다른 입장을 지닌 학자들이 상대를 받아들이는 것이 얼마나 어려운가 하는 점도 잘 보여주고 있다.<sup>5)</sup> 따라서 여기서는 실증주의에 최초로 본격적인 문제를 제기한 포퍼의 바닥이 없는 연못에 박힌 파일 위에 집이 세워졌다는 비유(Popper, 1968. p. 99)<sup>6)</sup>와 과학 이론의 발전을 패러다임이라는 구조로 파악한 쿤(T. Kuhn)의 역할, 이론-의존성(theory-laden)을 제시한 파이어아벤트, ‘삶의 형태’(forms of life)를 말한 비트겐슈타인 등의 영향을 받은 블루어(Bloor)를 포함한 많은 과학지식사회학자들(the scholars of sociology of scientific knowledge)의 역할이 과학 활동에 대한 참모습을 그려내는 데 많은 기여를 했다는 점을 밝히는 것으로 만족하도록 하겠다. 상대주의자와 실용주의자<sup>7)</sup>에 의해 주창된 ‘실천으로서의 과학’에 대한 주장은 여전히 뜨거운 감자로 남아 있기는 하지만, 과학 활동에 대한 새로운 관점을 제공하고 있고 과학의 본질에 대한 논의에서도 하나의 뚜렷한 흐름을 형성하고 있다는 점은 부인할 수 없는 사실이다.

### 3. ‘과학과 기술의 전문직업화’에 대하여

모렐(Morrell)은 카-사운더스/윌슨의 접근(Carr-Saunders/Wilson approach)을 과학에 끌어들여 과학의 전문화 과정도 자신들의 직업적 추구를 토대로 하여 진행되었음을 미국, 프랑스, 영국의 사례를 통해 밝히고 있다. 카-사운더스와 윌슨은 전문화를 직업의 발전과 전략의 측면에서 보고 있다. 이들에 따르면, 각 집단은 전문직업

5) Larry Laudan, *Science and Relativism: Some Key Controversies in the Philosophy of Science*, 이 범 역, 「포스트모던 과학논쟁」(새물결, 1997). 실증주의자, 실재론자, 상대주의자, 실용주의자에 대한 분류는 라우든을 따랐다.

6) “객관적 과학의 경험적 토대는 ‘절대적’인 것이 아니다. 과학이 절대불변의 토대에 근거하고 있는 것은 아니다. 말하자면 과학 이론의 구축물은 늘 위에 세워진다. 과학은 파일(각목이라 번역된 것을 고침) 위에 세워진 건물과 같다. 이 각목은 늘 위에 아래로 박혀져 있지만 어떤 자연적 혹은 ‘주어진’ 토대와 맞닿아 있지는 않다. 설혹 우리가 각목을 더 깊게 박지 않는다고 할지라도 그것은 우리가 확고한 토대에 도달했기 때문은 아니다. 우리는 적어도 당분간 그 각목이 구조물을 지지할 수 있을 정도로 튼튼하다고 생각하고 있기 때문에 각목을 더 깊이 박지 않는 것이다.”

- K. R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*(London, Hutchinson, 1968), p. 99.을 Alan Francis Chalmers, *What is this thing called Science?: An assesment of the nature and status of science and its method*, 2nd ed.(1982).에 재수록했다. 여기에 실린 글은 A. F. Chalmers의 책을 번역한, 신일철·신중섭 譯, 「현대의 과학기술」(서광사, 1985), p. 113.을 그대로 수록하였다.

7) ‘실험실 연구’로 유명한 라투어(Latour)는 자타가 공인하는 상대주의자이다. 그리고 ‘실천으로서의 과학’을 보다 직접적으로 주장하고 있는 피커링(Pickering)은 자신이 이론이 실재론과 반실재론의 문제를 해결할 수 있는 ‘실용주의적 실재론’(pragmatic realism)이라는 주장에서도 볼 수 있듯이 실용주의자라고 할 수 있다. 따라서 모든 상대주의자나 실용주의자(이러한 분류 자체에도 의견의 불일치가 있을 수 있지만)가 ‘실천으로서의 과학’에 동의하지는 않겠지만, 적어도 상대주의자와 실용주의자 중에는 ‘실천으로서의 과학’을 주장하는 학자가 있다고 인정할 수는 있다.

화의 과정에서 보다 높은 지위에 대한 욕구, 작업의 조건에 대한 자율적인 통제와 보다 높은 보상들(금전과 명예에 있어)에 관심을 두고 있는 시장의 통제를 추구하였다. 그리고 현재의 전문집단은 역사적으로 '직업적 확대의 게임'(the game of occupational aggrandisement)에서 자신의 요구를 관철시킬 수 있었기 때문에 가능하게 되었던 것이다.

모렐은 이들이 주장한 '전문화의 직업적 전략'(the occupational strategy of professionalisation) 모델의 유용성을 강조하면서, 이를 과학에 적용시키고 있는 것이다. 모렐은 19세기 동안에 유럽과 미국에서의 과학이 불완전하고 매우 느리게 전문직업화 과정을 밟고 있었는데, 이 과정에서 나타나는 '직업적 추구로서의 과학'(science as vocational pursuit)의 특징을 다음과 같이 정리하고 있다.

첫째, 과학지식의 보유와 직·간접적으로 연결되어서, 전임직(full-time paid positions)에 있는 과학자들의 증가가 있었다. 둘째, 과학적 능력에 대한 대중적 보증으로 기능했던 전문가의 자격 부여가 (제도적으로) 확립되었다(독일의 Ph. D. 제도가 대표적인 예). 셋째, 훈련과정이 대학 실험실을 통해 발전하였다. 넷째, 공표된 연구(published research)에서 난해한 전문용어, 해석수학(analytical mathematics), 신비한 실험적 기술의 배치 등에서 잘 보여지듯이, 전문직업화의 급속한 성장이 있었다. 다섯째, 자연 지식을 공부하는 학생들 사이에 집단의 단결과 자의식이 성장하고 있었는데, 특히 같은 언어의 사용과 제도적 측면에서 그랬다. 여섯째, 만족한 고객의 승인 대신에 최선의 행위라는 인정과 맞물리는 다양한 보상 체계들(reward systems)이 발전되었다(왕립학회의 회원, 노벨상의 제정 등(Morrell, 1974, pp. 980~989)).

김영식에 의하면, 과학의 전문직업화는 프랑스에서 처음 시작되었으며(19세기 초), 19세기 중엽에는 영국과 독일의 과학이 뒤를 쫓았고, 19세기 말과 20세기 초에 미국 및 유럽의 기타 지역으로 퍼져 나갔으며, 일본·소련 등도 이를 뒤쫓아 전문직업화된 과학을 지니게 되었다(김영식, 1997, p. 265).

전통적인 의미에서의 기술(art: 근대에서는 craft, technology와 종종 같은 의미로 쓰였다.)은 공학자(engineer)의 등장으로 전문직업화의 길을 걷게 된다.<sup>8)</sup> 공학자의 등장은 사회적 필요성에 기인한 바 크다. 산업혁명 이후, 사회의 높아진 기술적 요구를 반영하여 대학에서 공학자를 교육하는 과정이 제도화되었다. 여기에는 국가적 차원의 경쟁도 주요한 역할을 담당하였다(독일에서 공학이 발전한 것에서도 알 수 있듯이). 이로써 기술은 사회적 지위가 과거에 비해 획기적으로 높아졌으며, 신분상

8) 홍성욱, 앞의 책, p. 400. 여기서 홍성욱은 과학의 경우 과학혁명기부터 과학자사회가 등장했던 것에 반해, 기술의 경우는 19세기 이후에 시작되었다고 했다. 하지만, 전문직업화의 측면에서 보면 과학의 경우도 19세기 이후에 시작되었음을 알 수 있다.

승을 원하는 젊은이들에게 좋은 기회를 제공해주었다. 그리고 새롭게 전문직업화된 공학자들은 기술이 사회적으로 천시받아왔던 까닭에 이전의 선조들과 자신들의 관련성을 끊고자 하였다.<sup>9)</sup> 이런 점에서 공학자들은 기존의 기술자의 후예이면서도 새롭게 등장한 세력인 셈이다.<sup>10)</sup>

공학은 형성 초기부터 독자적인 체계를 구축해나갔다. 독자적인 교육방법, 독자적인 시험과 제도적 장치를 통해 공학자들을 교육하고 그들에게 자격을 부여했으며, 스스로의 규범과 가치체계를 세워 나갔던 것이다.<sup>11)</sup>

다른 전문화집단(법조계, 의료계 등)의 경우를 통해 봤을 때, 정도의 차이는 있을 수 있지만 과학이 전문직업화되고 나서 과학자(또는 기술자) 사회가 사회와 밀접한 관계를 맺게 되었으며, 과학자(또는 기술자) 사회의 내부에서 그들 사이의 경쟁이 치열해지게 되었음을 어렵지 않게 추론해볼 수 있다. 이런 추론이 타당하다면, 사회와의 관련성은 과학자(또는 기술자) 사회와 그 밖의 사회적 조직(또는 사회 전체) 사이의 협력과 갈등으로 나타나고, 과학자(또는 기술자)들 사이의 경쟁은 각 사회 내에서 규범에 입각한—때로는 이 규범이 오작동하기도 하지만—보상의 획득을 둘러싸고 벌어진다고 할 수 있다.<sup>12)</sup>

첫번째 경우—사회와의 관계 형성—에 있어서 무엇보다 중요한 것은 사회로부터 과학자(또는 기술자) 사회의 필요성과 중요성을 인정받아야 한다는 점이다. 모델은 ‘직업적 추구로서의 과학’의 특징에서 이런 점을 잘 보여주고 있다. 그리고 이 점은 ‘제도화 과정’을 둘러싼 과학자(기술자) 사회의 노력에서도 잘 나타난다.

두번째 경우—내부에서의 경쟁—은 과학자(기술자) 사회 구성원들의 인정이 무엇보다도 중요하다. 주도권을 둘러싼 파벌 논쟁과 새로운 연구분야의 개척이 매우 중요해지는 것은 이러한 이유에 기인한다. 뒤에 구체적인 사례 분석을 통해 알아보고 있는 ‘연구주체의 통일’의 문제는 이 선상에서 봤을 때 제대로 이해할 수 있다.

9) 1955년의 공학교육을 위한 미국 학회(the American Society for Engineering Education)가 공학 과학(engineering science)의 범주를 6개로 나눈 것은 공학자들의 이런 노력의 일환을 간접적으로 보여준다. 이에 대해서는 Downey, G. L. and Lucena, J. C., "Engineering Studies", in Jasanoff, S. et. al.(eds)(1995), *Handbook of Science and Technology Studies*, pp. 167~188.을 참조할 것.

10) 기술과 공학의 관계에 대해서는 많은 의문을 제기할 수 있을 것 같다. 과연 공학을 기술과 같은 범주에 포함시킬 수 있는가, 공학과 기술은 어떠한 차이점과 공통점을 가지고 있는가, 공학자 사회와 기술자 사회를 같이 집단으로 볼 수 있는가 등등. 이에 대한 몇몇의 논의가 있기는 하지만 만족할 만한 수준은 아닌 것 같다. 그중의 하나가 공학을 기술과 과학의 결합이라고 보는 견해이다. 기술사학자 레이턴이 이런 입장을 대표하고 있으며, 홍성욱도 이에 대체적으로 동조하고 있다.

11) 홍성욱, 앞의 책, p. 400.

12) 머튼(Merton)은 과학자 사회가 다른 사회와 다른 이유를 규범(norm)과 보상체계(reward system)의 상호보완 관계로 설명하고 있다. 과학자 사회의 네 가지 규범에 대한 논의는 Merton, Robert K., "Science and Technology in a Democratic Order", *Journal of Legal and Political Sociology I* (1942), pp. 115~126.을, 머튼을 포함한 초기의 과학사회학의 개괄은 Storer, Norman W., "Introduction", in Robert K. Merton, *The Sociology of Science*(Chicago: The University of Chicago Press, 1973), pp. xi~xxxi.를 참조할 것.

그런데 사회와의 관계 형성과 내부에서의 경쟁은 각각이 따로 진행되었던 것이 아니라 서로 복잡하게 얽힌 채 상호작용함으로써 과학자(또는 기술자)들의 인식의 변화를 초래하고, 이것이 다시 사회와의 관계 형성과 내부에서의 경쟁의 양상을 변화시키는 형태로 진행되었다. 따라서 과학과 기술에 대한 과학자(또는 기술자)들의 인식의 변화는 과학과 기술의 결합에 매우 중요한 역할을 수행한다.

#### 4. 과학·기술과 사회의 관계 형성에 대하여

기술의 경우와는 달리 과학이 사회와 밀접히 관련되어 있다는—과학지식이 사회적으로 구성된다는 주장을 포함하여—주장은 과학자에게 있어서 뿐만 아니라 사회적으로 쉽게 받아들여지지 않고 있다. 쉽게 받아들여지지 않는 이유 자체가 재미있는 연구 주제가 되겠지만, 과학철학자·과학사학자·과학사회학자 등의 연구 결과는 사실이 이와 다름을 잘 보여주고 있다.<sup>13)</sup>

따라서 과학의 역사를 ‘사상의 역사’(history of ideas)로 보는 과학사학자들의 입장은 다르겠지만, 과학의 발전에 사회가 미친 영향은 결코 적지 않다고 할 수 있다. 특히 과학이 전문직업화되는 19세기 이후에는 과학과 사회의 관계는 더욱 밀접해질 수밖에 없었다. 아마추어 연구가들의 취미활동과 독지가들의 자발적 지원에 의존하던 시대의 과학과 전문활동과 국가와 산업으로부터의 목적적 지원에 의존해야 하는 과학은 많은 점에서 차이를 가질 수밖에 없었던 것이다.

그런데 여기서 한 가지 짚고 넘어가야 할 것은 과학이 과연 전문직업화된 이후에야 비로소 사회와 밀접한 관계를 형성하게 되었을 뿐, 그 이전에는 사회와의 관련성이 없거나 있다해도 매우 약했는가 하는 점이다. 사실, 많은 역사적 증거들은 과학이 전문직업화된 이후, 그리고 보다 본격적으로는 과학에 대한 사회적 필요성이 커지게 된 이후—특히 두 차례의 걸친 세계대전에서 과학의 거대한 힘이 입증된 이후—그 활동의 형태와 내용에 있어서 기존과는 비교되지 않을 정도의 엄청난 변화가 있었음을 보여주고 있다(거대과학의 출현). 하지만 다음의 연구들은 이런 관점과는 약간 다른 견해를 내놓고 있다.

셰이핀(Shapin)에 의하면, 과학이 17세기 영국에서 본격화된 것은 자연에 대한 지식 요구가 ‘사회적 신뢰’(social trust)를 획득했기 때문인데, 그것은 그 당시 과학활동에 관심을 가지고 참여했고 과학에 대해 말했던 신사(gentleman)들이 ‘자유행동’(free action)과 ‘도덕성’(virtue)에 있어서 사회적 신뢰를 획득하고 있었기 때문이었다. 이

13) 보리스 헤센(B. Hessen)의 영향을 받은 버널(Bernal), 영(Young) 등의 소위 ‘외적 과학사가’들을 비롯하여 셰이핀(Shapin), 해킹(Hacking) 등 현재 활동하고 있는 과학사학자·과학사회학자·과학철학자들에게서 이런 입장은 쉽게 발견할 수 있다.



러한 쉐이핀의 주장은 사람-지식(person-knowledge)의 관계가 사물-지식(thing-knowledge)의 관계와 밀접한 관련을 맺고 있음을 전제하고 있는데, 이에 따르면 자연에 기초하고 있다고 일반적으로 말해지는 과학지식도 사회와의 관련성을 분리하고서는 올바르게 이해될 수 없는 것이다.<sup>14)</sup> 이러한 쉐이핀의 주장은 왜 과학이 사회적으로 높은 지위를 차지하게 되었는지를 밝히는 단초를 제공해주기도 한다.

한편, 쉐이핀은 또 다른 논문에서 과학지식이 사회적으로 어떠한 유용성을 가지는지를 말하고 있다(Shapin, 1979, pp 139~178).<sup>15)</sup> 그리고 쉐이핀과는 다른 관심에서 출발하고 있지만, 쉐크리(Thackray)도 과학지식이 사회의 상층에게 어떠한 유용성을 주었는지를 잘 보여주고 있다.<sup>16)</sup> 한편, 해킹(Hacking)이 확률과 통계에 대한 연구에서 행한 보고서에서도 쉐크리와 결코 다르지 않은 과학지식의 측면을 그리고 있다(Hacking, 1974, p. 198).<sup>17)</sup>

이러한 연구를 통해 봤을 때 과학에 대한 신뢰가 사회적으로 영향력을 발휘할 수 있는 원천임은 분명한 듯하다. 하지만, 위의 예에서도 잘 알 수 있듯이, 과학의 사회적 유용성이 사회의 상층에게 과학이 신뢰할 만하며, 가치로운 것으로 인식하도록 만든 측면이 있었음도 부정할 수 없는 사실이다. 물론 이러한 유용성이 과학의 제도화와 발전에 가장 큰 영향을 미쳤다고 주장할 수 있는 근거로 삼을 수는 없을 수도 있다. 그러나 적어도 과학은 그 태생에서부터 사회적 영향으로부터 결코 자유롭지 않았으며, 오히려 사회와의 관계 속에서 자신의 위치를 공고히 할 수 있었음을 보여주는 근거가 될 수는 있을 것이다. 이렇게 본다면, 대부분의 과학자들이 원

14) Shapin, S., *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-Century England*, 1994, The University of Chicago Press. 여기서 쉐이핀의 중심개념은 '신뢰(trust)'이다. 그는 사실적 지식(factual knowledge)이 진리라고 인정받게 되는 것은 그 지식과 관련된 사회의 성원들로부터 그 지식요구(knowledge claim)를 말하는 성원(또는 agency)에 대한 신뢰가 전제되어야 한다고 말한다.

15) "‘자연 모방의 오류(naturalistic fallacy)’ 속에 존재하는 철학적 결점(논리적인 점에서; 필자 주)들이 사회 전략으로서의 그것의(사회 정책을 ‘자연’과 자연적 질서 속에서 ‘사물들이 어떻게 실제적으로 존재하는가’라는 토대에 대해 논쟁하는 것의; 필자 추가) 명백한 매력을 감소시키지 않는다." Shapin, S. "The Politics of Observation: Cerebral Anatomy and Social Interests in the Edinburgh Phrenology Disputes", *The Sociological Review Monography* 27, 1979, pp 139~178. 원문은 다음과 같다. "Philosophical flaws in the 'naturalistic fallacy' do not diminish its obvious appeal as social strategy."

16) "1830년대와 1840년대에는 맨체스터 제조업자들의 자손들은 영국 사회의 중심적 가치체계 안에 과학을 공고히 하는 데에, 그리고 이제 그들이 당면하게된 도시 하층계급의 도전에 대응해서 자연지식의 구조, 바로 거기서 더 깊은 보수(保守)의 의미를 찾아내는데에 적극적이었다." Thackray, A., "Natural Knowledge in Cultural Context: The Manchester Model", *American Historical Review* 80, 1974, pp. 672~709. 여기서 인용한 것은 김영식 編, 「맨체스터의 문화적 배경 속에서의 과학」, 「근대과학과 사회」, p 104.에 재수록된 내용이다. 김동원의 번역을 그대로 재인용하였다.

17) "...박애주의자들과 공리주의자들은 오직 법칙을 앞으로써 하층민, 특히 레 미제라블(les misérables)의 생활과 도덕성의 향상이 가능할 것이라고 믿었던 점에서 다른 견해를 가지고 있었다...(중략)...하지만 이것은 또한 통제와 노동계급에 대한 명령에의 욕구에 의해 강하게 동기유발되었다." Hacking, I., "Probabilty and Determinism, 1650~1900", in Olby, R. C., Cantor, G. N., Christie, J. R. R., Hodge, M. J. S.(eds), *Companion to The History of Modern Science*, 1974, Rouledge, p. 198.

론적으로—순진하게—과학에 대한 사회적 영향력의 차단이야말로 과학을 발전시킬 수 있는 길이라고 굳게 믿고 있는 것과는 달리 과학은 태생에서부터 사회와 관련을 맺고 있었던 셈이다. 그리고 과학의 전문직업화는 이러한 사회와의 관계를 획기적으로 바꾸는 계기로 작용하였던 것이다.

기술과 사회와의 관계는 과학에 비해 쉽게 받아들여진다. 하지만, 기술의 경우에도 사회적으로 제도화되기 이전부터 기술자의 세력이 성장하고 있었음에 주목해야 한다. 스코필드(Scofield)의 버밍검 루나협회에 대한 연구가 이를 잘 보여준다. 스코필드는 루나협회의 회원 중에 기술자들이 다수 포함되어 있었으며, 산업적 필요성에 기반한 활동이 활발하게 이루어지고 있었음을 밝히고 있다.<sup>18)</sup>

따라서 기술의 경우에도 과학과 마찬가지로 사회나 국가의 필요에 의해 전문직업화의 과정을 밟았던 측면 못지 않게 기술자들이 자신들의 필요에 의해 전문직업화를 위해 노력했다는 측면에도 주목을 해야만 한다. 이런 점에 주목하면, 설령 기술이 과학의 힘을 빌려 공학이라는 전문직업화의 길을 걸었다고 하더라도 그것이 외부의 일방적인 작용에 의해 공학자라는 새로운 집단이 일정한 시기에 형성된 것이라기 보다는 기술자 사회의 자체 필요가 그에 못지 않게 존재하고 있었음이 제대로 밝혀질 수 있다. 그리고 이런 점에서 기술과 공학은 서로 차이를 가지고 있음에도 하나의 영역으로 묶일 수 있는 것이다.

지금까지 과학과 기술은 본질적으로 ‘사회적’이었으며, 전문직업화의 과정이 과학과 기술의 결합에 중요한 토대가 되었음을 살펴보았다. 그리고 과학자 사회와 기술자 사회는 각각 독자적인 전문직업화의 길을 걸었으며, 자신들의 직업적 이익을 위해 적극적으로 노력해 왔음도 아울러 살펴보았다.

## 5. 과학과 기술의 내적 결합 과정

사실, 내적 결합 과정이라는 개념은 많은 혼란을 불러 일으킬 수 있다. 그것은 내적 결합과 외적 결합이란 각각 무엇을 뜻하며, 이 둘의 경계 설정의 기준은 무엇이라는 것을 둘러싼 것이 될 것이다. 이런 점에서 내적 결합이라는 개념 설정은 다분히 자의적 측면이 없지 않다. 다만 앞서서도 밝혔듯이 과학·기술과 사회를 대립항으로 놓고 사회의 요구에 의해 과학과 기술이 거대과학(big science)의 출현 이후 본격적으로 결합되었다는 기존의 입장을 외적 결합이라고 설정하고, 이와는 반대의 편에서 과학과 기술의 결합과정에서의 과학자사회와 기술자사회의 능동적 역할의 중요성을 강조하기 위해 내적 결합이라는 개념을 사용하고자 한다.

18) Scofield, R. E., "The Industrial Orientation of the Lunar Society of Birmingham", *ISIS* 48, 1957, pp. 408~415.에 실린 것을 김영식 編, 「근대사회와 과학」, pp. 82~93.에 송위진의 번역으로 수록하였다.

과학과 기술의 내적 결합 과정의 동인으로는 다음의 세 가지 요인을 꼽을 수 있을 것이다. ‘제도화(institution) 과정에서의 이익의 일치’(사회와의 관계 형성), ‘연구주체의 통일’(unity of research subject)(내부 경쟁), ‘인식적 불균형의 해소’(인식의 변화) 등이 그것이다.<sup>19)</sup>

여기서는 이 요인들 중에서 ‘연구주체의 통일’이 어떻게 과학과 기술의 내적 결합을 가능케 했는지를 기본스(Gibbons)와 존슨(Johnson)의 논문<sup>20)</sup>을 중심으로 살펴보고 하겠다.

기본스와 존슨은 자신들의 논문에서 1833년 패러데이(Faraday)에 의해 최초로 반도체 현상이 발견된 후, 1948년 쇼클리(Shockley)에 의해 트랜지스터 효과가 예견되기까지의 약 100여년에 걸친 반도체의 발전과정을 역사적으로 살펴보고 있다.

1833년, 패러데이(Faraday)는 황화은(silver sulphide,  $Ag_2SO_4$ )이 마이너스 저항 온도계수(negative temperature coefficient of resistance) — 대부분의 금속과는 달리 온도가 오르면 전도성이 떨어지는 현상이 일어난다 — 를 가진다는 것을 발견함으로써 최초로 반도체 현상을 목격하게 된다. 그리고 1839년과 1873년에 베크렐(Becquerel)과 스미스(Smith)는 각각 광전효과(photoelectromotive effect)와 광전도성(photoconductivity)을 발견한다. 반도체 현상의 가장 주요한 발견은 브라운(Braun)에 의해 이루어지는데, 그는 1875년에 반도체 결정과 금속 접점(a metal point contact)사이의 결합이 비대칭적 전도성(asymmetrical conduction)을 가지고 있다는 것을 발견하고는 이 효과를 체계적으로 연구하였다. 이 ‘점접촉 정류기(point contact rectifier)’는 넓은 응용범위를 가졌던 초기의 반도체 기구 중 하나였는데, 정류현상의 발견은 곧이어 이 현상을 설명하기 위한 정교한 이론들의 출현을 이끌었다. 이와 더불어 ‘홀 효과(Hall effect)’ — 전류가 흐르는 도체에 자기장을 걸어주면, 橫起電力(transverse electromotive force)이 발생하는 현상 — 는 고체에서의 전하 부호(+ or -)와 전하수에 대한 직접적인 지표를 제공함으로써 반도체 현상을 보다 잘 이해할 수 있도록 했다. 하지만, 반도체 현상에 대한 이해는 1932년 윌슨(Wilson)이 양자역학으로부터 새로운 개념을 도입하여 ‘전도의 띠이론(a band theory of conduction)’을 제시하기까지 답보상태에 머물러 있었다.

19) 첫 번째 요인에 대해서는 홍성욱, 「영국 과학진흥협회의 “전기표준위원회”(1861-1912): 19세기 후반의 과학과 기술, 정부와의 관련을 중심으로」, 『한국과학사학회지』 제13권 제1호(1991), pp. 5~33., 두 번째 요인에 대해서는 Gibbons, M. and Johnson, C., "Science, Technology and the Development of the Transistor". in Barnes, B. and Edge, D.(eds), *Science in Context: Reading in the Sociology of Science*, 1982, The Open University Press, pp. 177~183., 세 번째 요인에 대해서는 George Wise, "A New Role for Professional Scientists in Industry: Industrial Research at General Electric, 1900~1916", *Technology and Culture* 21(1980), pp. 408~429.(김영식 編, 『근대사회와 과학』, pp. 263~288.에 김명자의 번역으로 수록)이 잘 보여준다.

20) Gibbons, M. and Johnson, C., 앞의 논문.

1890년 초에 이르면 독립적인 분야인 중전기 공학(heavy electric engineering) — 라디오 — 발전과 더불어 반도체 기술은 새로운 전기를 맞는다. 전파를 수신하는 최초의 장치는 ‘고양이의 수염’이라는 이름을 가진 반도체정류기(crystal rectifier)였다. 이것은 1906년 미국의 포레스트(Forest)가 개발한 3극 진공관(triod)에 의한 ‘열이온관(thermionic valve)’에 의해 대체될 때까지 사용되었다. 그러나 반도체 정류기의 특징과 신뢰성이 점차 향상되고 있었던 20년 동안은 적어도 가정 차원에서의 대체는 일어나지 않았다. 1930년이 되면, 열이온관의 개발에 따른 (진공)관 기술(valve technology)의 발전으로 말미암아 반도체 기술이 고전하게 되는데, 이 때까지 반도체 현상에 대한 이론적 설명은 미약했다. 이것은 브라운 이후 60년 동안 이 현상을 설명하기 위한 이론이 없었기 때문이 아니라, 통일된 표본(specimens)의 부재로 말미암아 이 이론들을 증명하기 위해 꼭 필요한 실험적 증거들을 얻을 수 없었기 때문이었다. 1907년에 배덱커(Baedecker)는 다음과 같이 말하고 있다. “신뢰성이 떨어지는 순도의 표본을 사용하는 많은 연구자들의 문제는 이 시대의 ‘기술 상태(state of art)’를 특징적으로 보여주는 것 같다.”

이 때까지 반도체 현상이 불순물, 결정 구조, 빛, 열, 접촉층의 형태 등에 극도로 민감하다는 사실은 미처 인지되고 있지 못했으며, 기술적 수준도 이 이론들에게 믿을 수 있는 증거를 제공할 정도에 도달하고 있지 못했다.

한편, 또다른 경험적 발견들이 계속되었다. 1920년 초에는 그론달(Grondahl)이 ‘산화구리 정류기(copper oxide rectifier)’를 발견했는데, 이것은 상업적 필요성을 자극하여 물질에 대한 연구를 촉진하는 계기가 되었다. 이것이 계기가 되어 일반적인 반도체 정류에 대한 관심이 다시 대두되었다. 브라운의 점점 정류기의 가장 만족스러운 개발은 1920년대에 있었던 자연 황화구리의 사용에 의해 이루어졌다. 쉴리드(Schleede)와 부기쉬(Buggisch)는 여기서 한 걸음 더 나아가 불순물이 반도체의 전하 擔體(charge carrier)의 부호와 수가 현저하게 바뀐다는 사실과 정류 작용이 반도체와 반도체의 경계면에서 발생함을 알아냈다. 반도체 정류기에 대한 관심이 고조되기는 했지만, 정확한 결정 성장 기술과 이론적 이해에 대한 결함은 더 이상의 전진을 가로막았다.

라디오 산업의 발전과 더불어 ‘전자 (진공)관(electron valve)’ 기술은 급속히 성장하였다. 반면에 반도체 정류기 기술은 침체를 면하기 어려웠다. 따라서 반도체 정류기 기술에 대한 상업적 관심도 멀어져 갔다. 레이더의 개발에 의해 이 주제에 대한 새로운 관심이 촉발되기까지 대학 실험실에서의 반도체 구조에 대한 연구가 저조했던 것에는 이러한 이유가 중요하게 작용했다.

양자역학의 등장은 반도체 현상에 대한 이해에 획기적인 전환점을 마련하는 계기가 되었다. 1932년, 월슨은 양자역학을 반도체 현상에 적용하여 띠이론을 제시하였고,

전도의 불순물 효과뿐만 아니라 높은 유동성을 가진 양·음전하 담체의 존재를 설명하였다. 월슨이 자신의 작업의 상업적 유용성에 관심을 가졌는지는 확실치 않지만, 그가 반도체의 어떤 '예외적' 효과들을 설명하는데 문제가 있다는 것을 알고 있었음은 분명해 보인다. 왜냐하면 문제가 없었다면 이러한 정보가 이미 그 당시의 물리학의 '일반적 지식(general knowledge)'의 일부가 되어 있어야 했기 때문이다. 월슨의 작업이 반도체 물리학자들에게 당연한 것으로 받아들여지는 데는 적어도 10년이란 세월이 필요했다. 1935년까지는 띠이론이 서로 다른 반도체 사이의 점점 효과 이상의 것으로 받아들여지고 있지 않았기 때문이다. 정류이론의 발전은 스코트키(Schottky), 모트(Mott), 다비도브(Davydov)가 산화구리와 반도체/반도체 정류기들의 접점(point)을 다룬 핵심적인 연구들에 의해 서서히 발전하였다. 그리고 그때까지 잘 알려져 있지는 않았지만 표면층위(surface states)의 존재에 대한 탐(Tomm)의 이론, 광전도성에 대한 프렌켈(Frenkel)의 이론 등은 반도체의 전도에 관한 이론의 중요한 전진이었다.

세계 2차대전 동안에 형성된 레이더 정류기에 대한 필요성의 대두는 반도체 역사를 크게 바꾸어 놓았다. 그때까지 간간히 진행되었던 정류기에 대한 연구도 이를 계기로 본격화되었다. 레이더 정류기는 (진공) 관의 능력을 벗어나는 낮은 주파수의 검출을 필요로 했는데, 이를 위해서는 정류기의 개발이 필수적이었던 것이다. 미국 정부가 후원했던 이 작업은 주로 퍼듀대학교와 코넬대학에서 이루어졌다.

전쟁 기간 동안의 프로그램으로 게르마늄(Ge)를 사용한 순수 표본의 개발, 도핑<sup>21)</sup> 기술의 발전이 이루어졌다. 순수 표본의 개발로 말미암아 표준 검파기의 생산이 가능해졌고, 더욱 중요한 것은 잘 정의된 성질을 가진 'p-n 접합'이 최초로 생산 가능하게 되었다는 것이다. 이로써 반도체의 불순물을 정확히 통제하여 소수 담체들(minority carriers)의 생존주기를 늘릴 수 있게 되었다. 그때까지는 소수 담체들의 중요성이 이용할 수 있는 표본의 한계로 말미암아 감춰져 있었다.

전쟁이 끝나자 많은 과학자들이 정부연구소로부터 풀려나 기업이나 대학연구소로 돌아가게 되었다. 벨연구소는 고체상태물리학과 기술의 발전정도를 봤을 때, 이 분야에 대한 기초연구에 대한 투자가 장기적인 이익을 낼 것이라는 판단을 하게 되었다. 그래서 그들은 반도체 현상을 연구하는 여러 분과의 연구자들을 모아 연구팀을 만들었다. 여기에는 야금학자인 스카프(Scaff), 울(Ohl), 쉴레(Theuerer) 등과 물리학자인 바딘(Bardeen), 브라타인(Brattain) 등이 있었고, 책임자는 소클리(Shockley)였다.

소클리는 노벨상 수락 연설에서도 언급했듯이, 고체상태 물리학의 실용적 응용에 많은 관심을 가지고 있었다. 그는 월슨의 이론에 기초하여 '장 효과(field effect)'의

21) 도핑(doping)이란 반도체에 불순물을 첨가하여 전기적 특성을 얻는 것을 말한다.

존재를 예측하였다. 장효과란 전기장의 작용에 종속적인 얇은 층을 가진 반도체에서 이용할 수 있는 담체 층위(carrier states)들이 감소하는 효과를 말한다. 이 효과를 실험하는 과정에서 발견된 예외적인 결과들이 탐(Tomm)이 이론적으로 제시했던 표면층위의 존재와 통계적 처리에 대한 이론적이고 실험적인 작업을 이끌었다. 이제 강한 전기장을 이용해 '표면 구속(surface binding)'을 극복할 수 있게 되었고, '저주파 장효과 증폭기(a low frequency field effect amplifier)'를 생산할 수 있게 되었다.

1948년, 장효과 증폭기에 대한 계속된 작업을 통해 소클리니는 양극 사이에 놓인 반도체로 말미암아 양극 사이를 흐르는 전류에 예외적인 관계가 나타난다는 사실을 발견하고, 즉시 이것이 소수 담체의 주입 때문이라는 것을 알아차렸다. 이로써 '트랜지스터 효과(transistor effect)'가 발견되었다. '주입 효과(injection effect)'에 대한 확립은 1949년 쉬브(Shive)에 의해 이루어졌지만, 소클리니는 이미 이 결과를 예상하고 있었고, 따라서 초기의 점점 정류기의 복잡한 작동과는 확실히 구별되는 소수 담체의 주입·확산·포획에 기초하여 작동하는 양극을 가진 주입 트랜지스터(injection transistor)를 생산할 수 있었던 것이다.

소클리니의 트랜지스터 개발에 의해 모든 점에서 트랜지스터가 진공관보다 우수하다는 것이 판명되었고, 모든 사람들을 열광시키기에 충분했지만, 신뢰할 만한 트랜지스터의 생산이 곧바로 이어지지 않는 않았다. 트랜지스터의 개발과 연관된 다른 기술의 발전을 기다려야만 했기 때문이다.

트랜지스터의 초기 역사를 통해 기본스와 존슨이 보이고자 했던 것은 다음과 같은 문장에 잘 나타나고 있다.

비록 윌슨의 주요한 기여가 반도체의 전도 이론을 제공하는 것이었지만, 연구가 기술의 발전과 상업적 요구 및 사회적 자극(그 중에는 군사적인 것도 포함하여)에 의해 조건지워져 있었음이 반도체 초기의 역사로부터 분명히 나타난다.

이 사례 연구는, 기존의 시각처럼 기술을 응용과학(applied science)으로 보기보다는 과학과 기술의 관계를 공생관계(symbiotic)로 봐야함을 제시하고 있다.

기본스와 존슨은 과학과 기술의 상호작용 모델을 증명하기 위해 반도체 이론과 산업의 발전과정을 분석하고 있는 것이다. 이들은 결코 길지 않은 이 논문에서 자신들의 목표를 달성한 듯하다. 반도체 이론의 발전은 관련 기술의 발전이 없었다면, 결코 이루어질 수 없었음을 보였을 뿐만 아니라, 상업적이고 군사적 요구가 반도체 이론의 발전에 미친 영향이 결코 작지 않았음도 보였기 때문이다. 그리고 기술의 독자성을 강조하기 위해 기술의 발전이 과학이론의 발전과 그리 밀접하게 관계되어 있지 않았음도 아울러 밝히고 있다.

하지만, 이 논문은 과학과 기술의 공생관계에 초점을 맞추고 있기 때문에 과학과

기술이 공생관계를 넘어 서로 분리할 수 없는 내적 결합을 이루고 있음에 대해서는 별다른 언급이 없었다. 따라서 다음에는 바로 이 지점에서부터 이야기를 전개해보도록 하겠다.

논문의 저자들은 브라운의 점점정류 현상의 발견 이후 월슨의 띠이론의 등장까지 반도체 이론이 정체될 수밖에 없었던 이유나, 소클리가 트랜지스터 효과를 발견하는데 있어서 스카프, 울, 쎬에레 등의 야금학자들의 결정 성장 기술과 도핑 기술의 발전이 필수적이었음을 밝히면서, 과학과는 독립적인 기술의 발전의 중요성을 강조하고 있다. 그리고 이런 사실을 통해 반도체의 발전에 있어서 과학과 기술의 역할 분담이 있었으며, 상호 독립적인 두 주체가 자신의 고유의 역할을 가지고 서로에게 도움을 줬음을 말하고 있다.

여기서 문제를 반대편에서 바라보도록 하자. 즉, 과학자와 기술자의 세부적인 역할 분담에서 문제를 볼 것이 아니라 각자가 수행하고 있는 연구주제의 통일이라는 관점에서 문제를 살펴보는 것이다. 이렇게 관점을 달리해서 보면, 과학자와 기술자들이 자신의 관심에 따라 모두 독립적인 연구를 수행했고 그 결과 반도체 분야가 생겨났던 것이 아니라, 반도체 분야라는 통일된 주제가 사회적으로 인정받게 되면서 자신들의 역할 분담이 보다 세부적으로 규정되었다는 점을 볼 수 있을 것이다. 물론 반도체 분야가 사회적으로 중요성을 인정받기 전에는 개별적인 연구자들의 역할이 반도체 이론과 응용의 발전에 있어서 원동력이 되었던 것은 사실이다. 이 점은 위의 사례 연구에서도 잘 나타난다. 그러나 반도체 분야에 대한 사회적 필요성이 증대하게 되면 새로운 분야를 찾고자 하는 많은 과학자와 기술자의 도전이 거세지고, 그 결과 서서히 연구 네트워크를 형성하게 된다. 즉, 그동안 간헐적으로 진행되어 왔던 반도체 연구가 사회적 필요성과 이론적·기술적 성과와 맞물리게 되면서 사회적 유용성을 지닌 거대한 연구 네트워크를 형성하게 되는 것이다. 이 연구 네트워크가 일정한 성과를 내기 시작하면 사회적 유용성은 더욱 커지고, 연구 네트워크에는 자신이 활동할 장(場)으로서 충분한 매력을 지니고 있다고 판단한 보다 많은 과학자와 기술자들이 몰려들게 된다. 이제 연구 네트워크는 웬만한 충격에도 깨지지 않을 정도로 튼튼해지고 그 속에서 활동하고 있는 과학자와 기술자에게는 스스로의 판단에 의해(사실은 네트워크의 요구가 반영된) 자신의 역할을 찾도록 강제하게 되는 것이다.

우리가 하나의 네트워크를 분석함에 있어 그 세부적인 역할을 밝히는 데 관심을 둔다면 그 속에 있는 각자가 수행하고 있는 역할의 차이를 강조하는 것이 의미를 가질 수는 있지만, 네트워크의 전체적 특징에 관심을 둔다면 각자의 역할의 차이를 강조하는 것은 부차적인 관심에 불과할 것이다. 반도체의 연구와 응용 시스템에 있어서도 이 점은 예외일 수 없다. 그 속에 있는 과학자와 기술자들에게 있어 서로의

역할 분담이 존재하는 것은 사실이지만, 이 역할의 경계선은 언제든지 무너질 수 있는 매우 유동적인 것에 불과하다. 세계대전에 의해 촉발되고, 그 후의 산업적 요구에 의해 급속도로 진행된 반도체의 연구와 응용 시스템은 시간이 흐름에 따라 과학과 기술의 경계를 현저하게 약화시켰다. 이제 반도체 연구에서의 과학과 기술의 분리는 의식—또는 분과적 요구—에서나 존재할 뿐 실제 과학자들이나 기술자들의 실천활동에서는 그 의미를 상실하게 되었던 것이다. 끊임없이 새로운 연구주제를 찾고, 그것을 통해 자신들의 존재의 필요성을 인정받아야 하는 과학자와 기술자들—전문직업화에 따른 치열한 경쟁에 기인하는 바가 큰—에게는 과학과 기술의 경계가 중요한 것이 아니라 ‘그것을 할 수 있느냐, 없느냐’가 중요한 것이기 때문이다. 이러한 점은 최근 신문에 보도되었던 한양대 무기재료공학과 최덕균 교수와 경희대 물리학과 장진 교수의 “박막 트랜지스터 제조 신기술을 둘러싼 우선권 논쟁”에서도 잘 나타난다.<sup>22)</sup>

반도체 분야처럼 새롭게 생겨난 연구분야에서는 이런 현상을 목격하는 것이 그리 어려운 일은 아니다. 생명공학의 경우와 컴퓨터 공학의 경우도 아닐 것이다. 그런데 이런 분야들은 모두 강한 응용성을 가지고 있다는 특징이 있다. 따라서 과학과 기술의 차이를 주장하는 많은 학자들은 전통적인 과학과 기술의 분야에서는 이런 ‘혼란(?)’이 적음을 주장할 수 있을 것이다. 하지만, 현재 과학자들이 하는 활동을 조금이라도 관심을 가지고 들여다본다면 자신들이 주장이 잘못되어 있음을 금세 알아차리게 될 것이다. 수학, 물리, 화학, 생물학 등 소위 전통적인 과학 영역에 머물고 있는 학문 분과에서도 자신들 분과의 경계를 자신 있게 설정할 수 있는 과학자는 그리 많지 않을 것이기 때문이다. 구체적인 연구 활동에 있어서는—통상적인 관념과는 달리—각 분과의 경계뿐만 아니라 과학과 기술의 경계를 가를 수 없을 정도로 혼합적(hybrid)인 연구분야가 계속 생겨나고 있지 않은가. 이렇듯 사회적 요구에 의해 형성되는 연구분야의 통일과 과학자와 기술자들의 적극적인 대응으로 말미암아 과학과 기술은 서로를 분리시킬 수 없을 정도로 급속하게 내적 결합을 해나가고 있는 것이다.

## 6. 결론을 대신하여

이 글은 앞에서도 밝혔듯이 본격적인 지식-주장(knowledge-claim)이라기보다는 지금까지의 논의를 정리하고 새로운 문제제기를 준비하기 위한 하나의 시론적 접근에 불과하다. 따라서 논리 전개나 사례분석 등 많은 점에서 미숙함을 노정하고 있다고

22) 이와 관련해서는 <한겨레 신문>, 1998년 12월 22일자 학술면을 참조할 것.



본다. 다만, 외국의 경우와는 달리 아직도 과학·기술과 사회의 관계에 대한 논의가 미약한 우리 나라의 현실에서 볼 때, 과학과 기술의 결합(사회화) 과정에 대한 새로운 관점에 서서 과학·기술의 문제를 다루고자 했다는 점에서 작은 의미라도 가질 수 있지 않을까 한다.

지금까지의 논의를 통해 밝히고자 했던 것은, 비록 시안적 형태였지만, 과학과 기술이 태생적으로 사회와 밀접한 관련을 가질 수밖에 없었으며, 전문직업화를 통해 제도화된 과학자사회와 기술자사회는 과학과 기술의 사회와의 과정에서 자신들의 직업적 이익을 위해 사회화에 능동적으로 대처하면서 과학은 기술을 기술은 과학을 적극적으로 수용하게 되었으며, 이를 가능케한 동인으로는 '제도화(institution) 과정에서의 이익의 일치'(사회와의 관계 형성), '연구주체의 통일'(unity of research subject)(내부 경쟁), '인식적 불균형의 해소'(인식의 변화) 등을 들 수 있다는 것이다. 물론 세 요소에 대한 보다 객관적인 입증은 위해서는 각각의 요인에 대한 구체적인 역사적 증거 제시—사례연구를 포함한—와 세 요소 사이의 관계에 대한 보다 정밀한 분석이 필수적이다.

이런 많은 한계에도 불구하고 이 글의 문제의식은 다음과 같은 점에서 나름의 의의를 가질 수 있다고 본다.

우선, 과학과 기술—특히, 과학—에 대한 전통적 사고—과학지식은 객관적이며 가치중립적이다. 사회로부터의 간섭은 과학 활동을 왜곡할 뿐이다. 과학으로 말미암은 문제는 과학지식의 문제가 아니라 그것을 악용하는 사회 또는 사회구조의 문제이다. 기술은 응용과학이다 등—에 근본적인 성찰을 제공해줄 수 있다는 점이다. 과학기술과 사회의 관련성이 더욱 광범위해지고 깊어지고 있는 현실을 볼 때, 서로의 관계에 대한 정립은 과학기술의 발전을 위해서나 삶의 질 향상을 위해서 필수적이라 할 수 있다.

둘째, 이 글이 가지고 있는 문제의식은 과학기술정책의 수립에 있어서도 많은 함의를 줄 수 있을 것이다. 과학자사회나 기술자사회의 특성을 고려하지 않은 과학기술정책이 효과적이지 못할 수 있다는 점은 정부출연연구소나 많은 연구프로젝트의 성과에 대한 최근의 많은 문제제기에서도 충분히 확인할 수 있다. 한국 과학자사회와 기술자사회에 대한 논의는 그 자체가 많은 노력이 필요한 연구주체이지만, 두 집단의 일반적 특성에 대한 연구가 중요한 것은 분명해 보인다. 이 점에 대해서는 네트워크 분석(network analysis)이 매우 유용한 도구가 될 수 있을 것이다.

## 참고도서

- 김영식 編(1997), 『과학사 개론』 (개정증보판), 다산출판사. .
- 김영식 編(1974), 『근대사회와 과학: 역사 속의 과학 2』, 창작과비평사.
- 홍성욱(1995), 「과학과 기술의 상호작용 : 지식으로서의 기술과 실천으로서의 과학」, 송성수 역, 『우리에게 기술이란 무엇인가』, 녹두, pp. 398~423.
- Ben-David, Joseph(1984), *The Scientists Role in Society: A Comparative Study*, The University of Chicago Press.
- Downey, G. L. and Lucena, J. C.(1995), "Engineering Studies", in Jasanoff, S. et. al.(eds), *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage Publications, pp. 167~188.
- Gibbons, M. and Johnson, C.(1982), "Science, Technology and the Development of the Transistor", in Barnes, B. and Edge, D.(eds), *Science in Context: Reading in the Sociology of Science*, The Open University Press, pp. 177~183.
- Gieryn, Thomas F.(1983), "Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-Science: Strains and Interests in Professional Ideologies of Scientists", *American Sociological Review*, Vol. 48(December), pp. 781~795.
- Gieryn, Thomas F.(1995), "Boundaries of Science, in Jasanoff", S. et. al(eds), *Handbook of Science and Technology Studies*, Sage Publications, pp. 393~443.
- Hacking, I.(1974), "Probability and Determinism, 1650~1900", in Olby, R. C., Cantor, G. N., Christie, J. R. R., Hodge, M. J. S.(eds), *Companion to The History of Modern Science*, Roulledge, pp. 690~701.
- Layton, E. T.(1987), "Through the Looking Glass, or News from Lake Mirror Image", *Technology & Culture*, Vol 28, pp. 594~607.
- McGinn, Robert E.(1991), *Science, Technology and Society*, Prentice Hall Inc.
- Merton, Robert K.(1942), "Science and Technology in a Democratic Order", *Journal of Legal and Political Sociology* 1, pp. 115~126.
- Morrell, J. B.(1974), "Professionalisation", in Olby, R. C., Cantor, G. N., Christie, J. R. R., Hodge, M. J. S.(eds), *Companion to The History of Modern Science*, Roulledge, pp. 980~989.

Shapin, S.(1979), "The Politics of Observation: Cerebral Anatomy and Social Interests in the Edinburgh Phrenology Disputes", *The Sociological Review Monography* 27, .

Shapin, S.(1994), *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-Century England*, The University of Chicago Press.

Storer, Norman W.(1973), "Introduction", in Robert K. Merton, *The Sociology of Science*(Chicago: The University of Chicago Press, pp. xi~xxxi.