

기술 패러다임과 기술혁명 토머스 쿤과 기술사*

홍성욱 (서울대학교)[†]

1. 서론

과학은 누적적인 방식이 아니라 정상과학과 과학혁명이 반복되면서 단속적으로 발전한다. 과학자들의 정상과학 연구는 혁신적인 문제를 던지고 이를 해결하는 형태가 아니라 패러다임(paradigm)을 보다 완벽히 만드는 형태로 진행된다. 지금의 패러다임과 과거의 패러다임은 같은 잣대로 비교할 수 없으며, 이런 의미에서 공약불가능(incommensurable)하다. 따라서 과학의 발전은 궁극적 진리를 향해서 순차적으로 나아가는 진보로 볼 수 없다. 대략 이런 것들이 토머스 쿤(Thomas S. Kuhn)이 『과학혁명의 구조』(*The Structure of Scientific Revolutions*, 1962)에서 제시한 과학에 대한 새로운 관념들이었다.¹⁾

* 투고 2012년 12월 5일. 심사 2012년 12월 11일. 게재확정 2012년 12월 24일.

[†] 서울대학교 과학사 및 과학철학 협동과정의 장하원 선생은 논문의 초고를 읽고 도움이 되는 논평을 해 주었고, 익명의 심사위원 한 분도 논문의 완성도를 높이는 지적을 여럿 해 주셨다. 이에 감사드린다.

1) Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: The University of Chicago Press, 1962). 쿤의 과학 사상에 대한 가장 좋은 개괄은 Paul Hoyningen-Huene, *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science* (Chicago: University of Chicago Press, 1993)이다. 쿤에 대한 인터뷰도 쿤을 이해하는 데 도움이 된다. Aristides Baltas, Kostas Gavroglu, and Vassiliki Kindi, "A Discussion with Thomas S. Kuhn: A Physicist Who Became a Historian for Philosophical Purposes," *Neusis* 6 (1997), pp. 145-200. 이 인터뷰는 Kuhn, *The Road since 'Structure': Philosophical Essays, 1970-1993* ed. by James Conant and John Haugeland (Chicago: University of Chicago Press, 2000), pp. 255-323에 재수록 되었다. 홍성욱, "토머스 쿤의 역사학, 철학, 그리고 과학", 『서양사 연구』 33호

잘 알려져 있듯이 쿤의 과학 사상은 많은 논란을 불러 일으켰다. 비판자들은 쿤의 여러 개념들이 모호하며, 쿤의 서술이 실제 역사와 잘 맞지 않고, 쿤의 과학관은 생물학이나 수학 등에는 적용되기 힘들며, 쿤의 관점이 과학에 대한 상대주의적 해석을 낳는다고 비판했다.²⁾ 『과학혁명의 구조』의 출판이 불러일으킨 이런 논쟁을 통해 나타난 변화는 패러다임에 대한 쿤의 생각이 더 분명해지고 더 정교해졌다는 것이다. 쿤은 『과학혁명의 구조』의 2판을 내면서 패러다임을 넓은 의미의 전문분야 행렬(*disciplinary matrix*)과 좁은 의미의 범례(*exemplar*)로 구별하면서, 이 중 자신의 독창적인 기여라고 생각하는 부분이 후자임을 분명하게 강조했다. 이론과 실험의 총체에 믿음과 세계관까지를 모두 포함하는 넓은 의미의 패러다임인 전문분야 행렬과 달리, 범례는 좋은 모범 사례를 의미한다. 여기에서 좋다는 의미는 범례가 과거의 패러다임이 해결하지 못한 문제(쿤이 변칙(*anomaly*)이라고 명명한 것)를 깔끔하게 해결하면서 과학자들에게 도전할 만한 새 문제를 낳는다는 의미이다. 이럴 경우 변칙을 해결하지 못한 과거의 패러다임과 변칙이 일종의 법칙 비슷한 것이 되는 새로운 패러다임 사이에는 공약불가능성이 존재한다는 것이 쿤의 해석이다.³⁾

패러다임이 성립되고 발전하다가 다른 것으로 혁명적으로 바뀌는 ‘구조’는 과학에만 나타나는 현상인가? 과학의 발전에 대한 자신의 사상을 발전시키는 과정에서 쿤은 예술 사조의 혁명적 변화로부터 의미 있는 영감을 얻었다. 그리고 『과학혁명의 구조』 출판 이후에 예술, 사회과학, 일부 인문학의 발전에 관심을 두던 학자들 중에는 예술이나 사회과학이 쿤이 서술한 자연과학의 발전과 비슷한 형태로 나타난다고 주장한 사람들이 나왔다. 그렇지만 쿤은 이러한 주장에 대부분 동의하지 않았다. 과학은 외부의 영향으로부터 격리된 과학자 사회가 패러다임을 선택하고 외부의 간섭 없이 이를 정교화 하는 형태로 발전시킴에 반해서, 과학을 제외한 다른 분야들은 외부의 영

(2005), 139-175쪽도 참조

2) Imre Lakatos & Alan Musgrave eds., *Criticism and the Growth of Knowledge* (Cambridge: Cambridge University Press, 1970). [조인래 편역, 『쿤의 주제들: 비판과 대응』 (이화여자 대학교 출판부, 1997).]

3) Thomas S. Kuhn, "Postscript-1969," in *The Structure of Scientific Revolutions* 2nd ed. (Chicago: University of Chicago Press, 1970), pp. 174-210; "Reflections on My Critics," in Lakatos and Musgrave, eds., *Criticism and the Growth of Knowledge*, pp. 231-278.

향에 훨씬 더 민감하며, 따라서 내적이고 비전적인(esoteric) 이유 때문에 패러다임을 선택하거나 발전시키지 않는다는 것이 쿤의 생각이었다.⁴⁾

쿤이 기술에 대해서 많은 얘기를 하지 않았던 것은 이러한 이유 때문이었을 것이다. 기술은 의학 비슷하게 외부 요소의 영향에 의해서 특정한 방향으로 발전하는 것이며, 따라서 『과학혁명의 구조』에서 쿤이 서술한 과학의 발전과는 근본적으로 다른 것이었기 때문이다. 그렇지만 『과학혁명의 구조』가 출판된 1962년 이후 지금까지 기술에 대한 새로운 이해도 많이 얻어졌다. 예를 들어, 지금은 쿤과 동시대의 학자들이 생각했던 것보다는 역사를 통해 과학과 기술의 상호작용이 훨씬 더 잦았고 풍부했으며, 이런 상호작용이 19세기 이후에 거의 일상적인 것이 되었다고 생각한다. 또 기술에 대한 전문적이고 체계적인 지식인 공학 분야는 과학과 흡사한 방법론과 커뮤니티를 가지고 있다고 간주된다. 브루노 라투르(Bruno Latour) 같은 구성주의적인 과학 기술학자는 과학자가 사실(fact)을 만들어 내는 과정과 인공물(artifact)이 안정화되는 과정이 공동구성(co-construction)된다고 하면서, 사실과 인공물 사이의 근본적인 구분에 의문을 던졌다.⁵⁾

4) 쿤은 예술철학자 스탠리 카벨(Stanley Cavell)로부터 큰 영향을 받았고, 이를 『과학혁명의 구조』 서문에서 밝히고 있다. 쿤과 카벨의 관계는 Vasso Kindi, "Novelty and Revolution in Art and Science: The Connection between Kuhn and Cavell," *Perspectives on Science* 18 (2010), pp. 284-310 참조. 쿤과 예술에 대한 또 다른 관점에서의 분석은 Caroline A. Jones, "The Modernist Paradigm: The Artworld and Thomas Kuhn," *Critical Inquiry* 26 (2000), pp. 488-528이 있다. 쿤은 1960년대 후반에 과학과 예술의 발전이 비슷하다는 예술사가 E. M. Hafner의 주장을 반박한 바 있다. E. M. Hafner, "The New Reality in Art and Science," *Comparative Studies in Society and History* 11 (1969), pp. 358-97; Kuhn, "Comment," *Comparative Studies in Society and History* 11 (1969), pp. 403-412. 철학자 거팅(Gutting)은 과학과 다른 분야 사이의 유사성이 대부분 패러다임을 일종의 거대이론(super theory)으로 단순하게 해석하고, 비슷한 거대 이론이 과학과 다른 분야 모두에 존재한다고 생각한 데에서 비롯된다고 주장했다. Garry Gutting ed., *Paradigms and Revolutions: Appraisals and Applications of Thomas Kuhn's Philosophy of Science* (Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1980).

5) 과학과 기술의 관계에 대한 개설로는 Sungook Hong, "Historiographical Layers in the Relationship between Science and Technology," *History and Technology* 15 (1999), pp. 289-311을 참조. 엔지니어링에 대한 논의는 Walter Vincenti, *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History* (Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1990)를, 라투르의 technoscience와 fact-artifact의 연관은 Bruno Latour and Steve Woolgar, *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts* (Princeton: Princeton University Press, 1979); Latour, *Science in Action* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987); We

이러한 논의들에 비추어 볼 때, 과학과 기술을 엄격하게 구분하고 기술에 대해서는 거의 관심을 기울이지 않았던 쿤의 입장은 비판적으로 재평가될 필요가 있다. 이 논문은 『과학혁명의 구조』에서 쿤이 제시한 과학 발전의 ‘구조’가 기술의 경우에도 비슷하게 적용될 수 있는가에 대한 문제를 분석해 보고, 이를 통해 기술의 발전을 ‘쿤 식으로’ 이해할 수 있는 가능성을 모색한 연구들을 비교해서 분석하는 것을 목적으로 씌어졌다. 이를 위해 우선 2절에서는 쿤이 기술에 대해서 어떤 논의를 했는가를 살펴보겠다. 3절은 『과학혁명의 구조』에 대한 기술사학자들의 초기 대응을 간단히 개괄하고, 4절은 쿤을 모델로 삼아서 기술의 역사를 분석한 학자들의 연구를 분석하겠다. 이 4절에서는 쿤의 패러다임을 넓은 의미의 전문분야 행렬 개념으로 받아들이는 학자들과 이를 좁은 의미의 범례로 받아들이는 학자들을 나누어 논의하면서, 쿤의 모델이 기술사나 기술사회학 같은 기술학(Technology Studies) 분야의 ‘패러다임’이 되지 못했음을 보일 것이다. 마지막 5절은 공약불가능성 같은 쿤의 핵심 개념을 기술 변화에 도입해서 기술혁신의 구조의 동역학을 분석한 경영학 분야의 혁신연구에 대해서 논할 것이다. 결론에서는 본론의 논의에 근거해서 쿤의 모델이 기술의 변화를 설명할 수 있는 범위와 한계를 정리할 것이다.

2. 기술에 대한 쿤의 단상들

1940년대 말엽에 하버드 대학교 총장 제임스 코넬트(James Conant)의 과학사 강의를 도와준 인연으로 과학사를 공부하기 시작한 이래 『과학혁명의 구조』를 집필할 때까지 쿤의 초기 연구들 대부분은 과학을 당시의 적절한 맥락(context) 속에 위치시키고 이해하려는 시도였다. 이 맥락에는 과학적인 맥락도 있었지만, 사상적이고 종교적인 맥락도 있었고, 심지어 기술적인 맥락도 있었다. 쿤의 초기 연구 중 하나는 프랑스 과학자 사디 카르노(Sadi Carnot)의 열역학에 대한 것이었는데, 쿤은 카르노의 열역학이 하늘에서 떨어진 것이 아니라 당시 증기기관을 이해하려는 시도 속에서 나온 것임을 설

득력 있게 주장했다. 그는 카르노가 분석의 대상으로 삼았다고 추정되는 증기기관에 대한 문헌을 찾아내서, 이를 자신의 주장에 대한 근거로 제시했다. 그렇지만 쿤의 이러한 연구는 그가 기술 그 자체에 관심이 있었기 때문이라기보다는 과학을 맥락적으로 이해할 수 있음을 보이려는 목적 하에 진행된 것이었다. 카르노의 증기기관에 대한 해석은 쿤이 로버트 보일의 화학을 그 당시 입자철학 속에서 분석하고 이해한 것이나, 코페르니쿠스를 당시 신플라톤주의의 사상적 맥락 속에서 이해한 연구와 다르지 않은 것이었다.⁶⁾

『과학혁명의 구조』에도 여기저기에서 기술이나 공학에 대한 간단한 언급이 등장한다. 쿤은 기술이 두 가지 다른 방식으로 과학의 발전을 도와준다고 지적하는데, 여기에는 우선 기술적 응용과 같은 외적 상황이 과학 내부에서 발생한 작은 변칙(anomaly)을 위기(crisis)의 상황으로 확대하거나, 기술이 패러다임이 변하는 시기에 새로운 대안의 가능성을 확대하는 것이 있다. 프톨레마이오스의 천문학 체계에서 누적된 작은 오류가 달력의 개편이라는 당시의 기술적 요구와 맞물리면서 천문학자들 사이에서 큰 골칫거리로 탈바꿈한 것은 전자의 예이며, 카르노가 증기기관이 열어준 새로운 가능성을 이용해서 열역학을 발전시킨 것은 후자의 사례이다. 두 번째로는 정상과학이 성립되기 이전의 전패러다임(pre-paradigm) 시기에 기술이 과학을 위한 사실의 수집을 도와준다는 것이다. 패러다임이 성립되기 이전에는 과학에서 일반적으로 관찰과 실험의 대상이 되는 사실 외에도 의술, 달력 제작, 야금술 같이 기술의 영역에서 알려진 사실들도 과학에 광범위하게 유입된다는 것이다.⁷⁾

이런 논의를 잘 살펴보면 쿤에게 과학과 기술이 매우 다른 활동임을 분명하게 알 수 있다. 기술은 과학 외부에 존재하며, 외적 요소로 과학에 영향을

6) Thomas S. Kuhn, "Carnot's Version of 'Carnot's Cycle,'" *American Journal of Physics* 23 (1955), pp. 91-95; "La Mer's Version of Carnot's Cycle," *American Journal of Physics* 23 (1955), pp. 387-389; "Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot," *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 13 (1960), pp. 251-255; "Sadi Carnot and the Cagnard Engine," *Isis* 52 (1961), pp. 367-374. 보일과 코페르니쿠스는 각각 "Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century," *Isis* 43 (1952), pp. 12-36와 *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1957)을 볼 것.

7) Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: University of Chicago Press, 1970), p. x, p. 15. 본 논문에서는 2판을 이용했다. 2판은 후기("Postscript-1969")를 제외하고는 1판과 동일하다.

미치기 때문이다. 뿐만 아니라 패러다임이 만들어져서 정상과학이 발전하기 시작하면, 과학에 필요한 사실들은 과학 내부에서 주로 얻어지기 때문에 기술이 과학에 영향을 미치는 경우는 거의 없어진다. 무엇보다 과학과는 달리 기술은 거의 항상 외적 요구에 의해서 추동된다.

종종 한 그룹이 패러다임을 수용하는 것은 이전에는 그저 자연을 공부하던 그룹을 전문직업, 혹은 적어도 전문분야로 변형시킨다. 과학에서는 (그 존재이유가 외적인 사회적 요구에 있는 의학, 기술, 법학과는 달리) 보통 전문적인 학술지의 창간, 전문 학회의 성립, 전문 교육기관의 창설 등은 한 그룹이 패러다임을 최초로 수용한 것과 연관되어 있다.⁸⁾

쿤은 또 상이한 과학과 기술을 비슷한 것으로 보는 데에 역사적이고 인식적인 이유가 있다고 해석한다. 우선 역사적으로 르네상스시기에 과학과 기술(arts)의 거리는 매우 근접했고 심지어 거의 구별이 안 되었다. 이후 이 둘의 거리가 멀어진 뒤에도 아트(art)는 예술과 기술을 모두 의미했으며, 결과적으로 아트(art)로서의 기술은 과학과 매우 근접한 것으로 간주되었다는 것이다. 그런데 쿤에 의하면 이 둘의 이런 표면적인 유사성은 과학과 기술 모두 누적적인 진보를 이루는 분야라는 인식에 의해서 강화된다. 누적적 진보는 전통적으로 회화와 같은 분야의 발전은 물론 근대 이후의 기술 발전을 특징짓는 가장 중요한 요소로 간주되었는데, 과학도 비슷한 누적적인 진보를 이루는 것 같기 때문에 이 둘의 차이를 구별하는 것이 더더욱 힘들다는 것이 쿤의 주장이다. 쿤은 『과학혁명의 구조』에서 과학이 누적적인 진보를 이룬다는 생각을 매우 설득력 있게 비판했는데, 너무도 당연하게 기술은 누적적으로 진보한다고 생각했던 것처럼 보인다. 따라서 쿤 자신의 독특한 과학관에 의하면 단속적으로 발전하는 과학과 누적적으로 발전하는 기술은 더더욱 비슷하지 않은 것이었다.⁹⁾

8) Kuhn, *Structure*, p. 19.

9) Kuhn, *Structure*, pp. 160-161. Thomas S. Kuhn, "Comment on Technological vs. Scientific Acceleration," *Comparative Studies in Society and History* 11 (1969), pp. 426-430. 과학의 진보에 대한 쿤의 생각에 대해서는 수많은 논의가 있다. 대표적인 것으로는 Larry Laudan, *Progress and Its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth* (London: Routledge and Kegan Paul, 1977)를, 최근 논의로는 Alexander Bird, "What Is Scientific Progress?," *Noûs* 41 (2007), pp. 64-89 참조.

『과학혁명의 구조』의 출판 이후에도 기술에 대한 쿤의 생각이 변했다는 증거는 찾아보기 힘들다. 쿤은 『본질적 긴장』(1977)의 서문에서 과학이 사회적 필요에 의해서 발전하는 공학, 의학, 법학, 예술과는 달리 사회적 요구와 상당히 유리된 채로 발전한다는 입장을 다시 강조했다. 그는 물리학의 역사를 개관한 논문에서 이론 물리학과 실험 물리학이 수학적 전통과 베이컨주의 과학의 전통이라는 서로 다른 전통 속에서 발전한 것이라고 분석하고, 기술이 외적인 요소로서 이 두 전통에 서로 다른 영향을 미쳤다고 해석했다. 1978년에 출판된 『흑체복사 이론과 양자 불연속』에서 쿤은 흑체복사의 문제가 당시 중요하게 부상된 기술적 배경은 물론 흑체 복사 실험에 대해서 거의 아무런 논의를 하지 않았고, 이는 그가 내적 과학사(internal history of science)로 회귀했다는 비판을 낳기도 했다.¹⁰⁾

3. 쿤의 『과학혁명의 구조』에 대한 기술사학계의 반응

쿤이 기술에 무관심했던 것만큼이나, 당시 기술사학계도 쿤의 『과학혁명의 구조』에 무관심했다. 아니, 당시 기술사학계는 과학 자체에 비판적이었고 심지어 적대적이었다. 미국에서 기술사를 전공하는 몇 명의 학자들은 1958년에 미국과학사학회의 공식 학회지인 *Isis*의 편집인과 갈등을 겪은 뒤에 과학사학회를 탈퇴해서 독자적인 학회와 학회지를 만들었다.¹¹⁾ 이들은 학회 회원의 수를 늘려 나가면서 기술사의 정체성(identity)을 확립하기 위해 노력했는데, 학술적인 영역에서 그 노력은 주로 기술이 과학과 어떻게 다른지, 그리고 기술사가 과학사와 어떻게 다른지를 ‘증명’하는 데 집중되었다. 토머

10) Thomas S. Kuhn, "Preface," in *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (Chicago: University of Chicago Press, 1977), pp. ix-xxiii; "Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science," *Journal of Interdisciplinary History* 7 (1976), pp. 1-31; *Black Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912* (Chicago: University of Chicago Press, 1978). 이 책에 대한 비판적인 리뷰는 Trevor J. Pinch, "Paradigm Lost? A Review Symposium," (essay review of Kuhn's *Black Body Theory*) *Isis* 70 (1979), pp. 437-440을 참조.

11) Bruce E. Seely, "SHOT, the History of Technology, and Engineering Education," *Technology and Culture* 36 (1995), 739-772; John Staudenmaier, *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric* (Cambridge, MA: MIT Press, 1985).

스 휴즈(Thomas P. Hughes)는 텔포드(Thomas Telford) 같은 엔지니어가 실패한 과학자가 아니라 새로운 기술 시스템을 건설한 시스템 빌더(system builder)라고 재해석했다. 이런 해석에 의하면 과학은 시스템 빌더가 필요할 때 이용하는, 기술 발전을 위한 하나의 자원(resource)에 불과했다. 또 다른 기술사학자 레이튼(Edward Layton)은 기술이 과학과 어떻게 다른가를 역사적 사례를 들어 논증했다. 그는 기술이 체계를 갖춘 전문 지식이라는 점에서 과학과 외형적으로 흡사하지만 기술의 목표와 가치가 과학과는 정반대라고 주장하면서, 과학과 기술의 관계를 “거울에 비친 쌍둥이”(mirror-image twin)라고 함축적으로 표현했다.¹²⁾

이런 상태에서 기술사학계가 쿤의 『과학혁명의 구조』에 관심이 없었던 것은 놀랍지 않다. 『과학혁명의 구조』는 과학의 발전에 대한 논의였고, 이는 과학과 기술의 차이를 강조하던 당시 기술사학자들에게는 기술에 대한 함의를 거의 가질 수 없는 것이었기 때문이다. *Technology and Culture*는 쿤의 『과학혁명의 구조』 초판(1962)의 서평을 실지 않았으며, 1960년대를 통틀어 여기 실린 논문 중에 쿤이나 『과학혁명의 구조』를 언급한 논문은 극소수에 불과했다. 과학사와 기술사 모두에 관심이 많았던 데렉 드 솔라 프라이스(Derek de Solla Price)는 기술이 이용하는 과학이 “첨단”이 아니라는 점을 강조한 학자였는데, 그는 첨단 과학 지식이 기술에 직접 응용되는 경우가 매우 드물다는 점을 강조하기 위해 이런 경우를 쿤의 ‘과학혁명’에 비유했으며, 한 러시아 학자는 기술의 급격한 변화를 설명하는 가운데 쿤을 잠깐 인용했다.¹³⁾

12) 당시 기술사학자들의 비판은 “기술은 응용과학이다”는 명제에 집중되었다. 이에 대해서는 Mario Bunge, “Technology as Applied Science,” *Technology and Culture* 7 (1966), pp. 329-347 참조. 휴즈의 시스템 빌더 개념은 “The Electrification of America: The System Builders,” *Technology and Culture* 20 (1979), pp. 124-161에서 처음 등장하지만 초기 연구에서 그 원형을 찾아볼 수 있다. 휴즈의 초기 연구는 Thomas Hughes, “Introduction,” in *Selections from Lives of the Engineers* by S. Smiles (Cambridge, MA: MIT Press, 1966), pp. 1-29; “Technological Momentum in History: Hydrogenation in Germany 1898-1933,” *Past & Present* 44 (1969), pp. 106-132; Elmer Sperry: *Inventor and Engineer* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1971) 참조. 레이튼은 Edward T. Layton, “Mirror-Image Twins: The Communities of Science and Technology in 19th-Century America,” *Technology and Culture* 12 (1971), pp. 562-580; “Technology as Knowledge,” *Technology and Culture* 15 (1974), pp. 31-41을 볼 것.

13) Derek J. de Solla Price, “Is Technology Historically Independent of Science? A Study in Statistical Historiography,” *Technology and Culture* 6 (1965), pp. 553-568; H. Skolimowski, “The Structure of Thinking in Technology,” *Technology and Culture* 7 (1966), pp. 371-383.

1960년대 말엽부터 기술사학자들은 기술의 발전을 역사적으로 잘 설명할 수 있는 모델을 만들기 시작했다. 기술사학자 휴즈는 ‘기술 모멘텀’(technological momentum)처럼 후에 기술 시스템 개념의 핵심 요소가 될 개념을 도입해서 기술의 발전을 설명했는데, 이러한 설명은 쿤의 ‘구조’에 비해서 기술 발전이 보이는 독특한 특성들을 더 잘 설명하는 것처럼 보였다. 휴즈는 왜 특정한 기술이 발전할 수밖에 없었는가라는 질문을 기술결정론에 의존하지 않고, 대신 기술의 모멘텀(관성)을 이용해서 설명했다. 나중에 휴즈는 이 기술 모멘텀을 성숙한 기술 시스템이 가지는 속성으로 돌렸는데, 기술 시스템은 마치 유기체와 같이 탄생-성장-안정화의 사이클을 밟으며, 다른 시스템과 경쟁과 싸움을 하기도 하며, 한 나라에서 다른 나라로 이전되기도 하는 것이었다. 기술 시스템은 개별 기술이 결합하고 모여서 네트워크를 만드는 기술의 속성, 종종 표준을 둘러싼 논쟁이 거의 전쟁의 수준으로 일어나는 이유, 한 나라에서 잘 작동하던 기술이 다른 나라에서 잘 작동하지 않는 사실 등을 잘 설명할 수 있는 포괄적인 이론이었다.¹⁴⁾ 당시에 기술의 역사를 연구하던 학자들은 기술 시스템 이론의 매력에 끌렸으며, 이 이론이 다른 어떤 이론보다 기술의 발전을 더 잘 설명해 준다고 생각했다. 이렇게 당시 과학사학계와 기술사학계의 관계, 과학과 기술의 인식적 차별성, 기술 시스템 개념의 등장 등을 고려해 보면 쿤의 『과학혁명의 구조』에 특별한 관심을 기울인 기술사학자가 없었다는 것이 어느 정도는 이해될 수 있다.

4. 기술 패러다임 이론의 등장과 확산

1970년대가 되면 쿤의 영향력이 커지면서 기술에서도 쿤에 대한 논의가 눈에 띄게 증가한다. 서론에서 언급했지만, 쿤은 1970년에 출판된 『과학혁명의 구조』 재판에서 패러다임을 세계관을 포함하는 넓은 의미의 전문분야 행렬과 이보다 훨씬 범위가 작은 범례의 두 가지 용법으로 구분하고, 자신이

14) Hughes, “Technological Momentum in History”; *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930* (Johns Hopkins U. Press, 1983). 기술사에서 휴즈의 영향력은 Staudenmaier, *Technology's Storytellers*, pp. 69-82; Michael Thad Allen and Gabrielle Hecht eds., *Technologies of Power: Essays in Honor of Thomas Parke Hughes and Agatha Chipley Hughes* (Cambridge, MA: MIT Press, 2001)에 실린 여러 에세이에서 확인할 수 있다.

훨씬 더 흥미롭고 중요하다고 생각한 개념은 후자임을 분명히 했다. 쿤이 이렇게 패러다임 개념을 분명하게 한 데에는 매스터만(Margaret Masterman) 같은 철학자가 『과학혁명의 구조』에 등장하는 패러다임 개념이 21가지의 다른 방식으로 사용되었다고 지적하면서, 크게 보았을 때 쿤의 패러다임은 1) 믿음이나 세계관 등을 포함하는 넓은 의미의 형이상학적 패러다임, 2) 과학자 사회에 의해서 주목할 만한 업적으로 평가되는 사회학적 패러다임, 3) 테크닉, 도구, 교과서 등 좁은 의미의 인공물 패러다임으로 구분된다고 지적한 이유가 있었다. 쿤이 명료화한 새로운 정의에 따르면, 범례는 전패러다임(pre-paradigm) 시기를 종식하고 정상과학의 시기를 여는 업적으로, 과거에 논란이 되었던 문제들을 상당 부분 해결하면서 새롭게 풀어야 할 흥미로운 문제들을 낳는 특성을 지니는 것이었다. 범례로서의 패러다임 개념은 ‘모델’과 가장 비슷한 것이며, 정상과학은 이런 뛰어난 모델에 근거해서 이 모델의 문제해결 능력을 조금씩 확장해 나가는 활동으로 볼 수 있었다.¹⁵⁾

흥미로운 사실은 쿤의 범례로서의 패러다임이 가진 ‘혁명적’ 성격이 과학 사회학에서 가장 분명하게 인식되었고, 과학사에서 가장 저평가 되었으며, 과학철학은 그 중간쯤 되었다는 것이다. 여기에서는 이 주제를 다루지는 않지만,¹⁶⁾ 이러한 현상이 기술사에서 쿤의 영향력이 미미했던 사실과 관련이 없지 않다. 과학사에서도 제대로 인식되지 못한 부분이 기술사에서 온전히 평가받기를 기대하기 힘들기 때문이다. 1970년대 이후에 기술사를 포함한 기술학 분야의 몇몇 학자들은 쿤의 패러다임 개념을 받아들여서 이를 변용했는데, 이들 대부분은 쿤의 패러다임을 범례보다 훨씬 더 넓은 의미로 파악하고 해석했다. 기술사의 경향은 쿤의 패러다임을 한 시대의 과학적 이론, 실험, 가설, 형이상학적 가정, 믿음 등을 모두 포함한 세계관 비슷한 것으로

15) Margaret Masterman, "The Nature of a Paradigm," in *Criticism and the Growth of Knowledge*, pp. 59-89. 각주 3에 나와 있는 쿤의 문헌들 참조. 여기에서의 모델은 한 과학자 집단에 의해서 공유된 사회적 실행(shared social practice)의 개념으로 이해할 수 있다. 이런 이해로는 Thomas Nickles, "Normal Science: From Logic to Case-Based and Model-Based Reasoning," in Nickles ed., *Thomas Kuhn* (Cambridge: Cambridge University Press, 2003), pp. 142-177 참조.

16) 필자는 과학기술학(STS)이 초기에 쿤을 수용한 과정을 홍성욱, "패러다임으로서의 쿤" (한국과학철학회 기조 강연, 2012년 7월 5일, 무주)에서 간략하게 논의한 바 있다. 과학사와 쿤은 Nathan Reingold, "Through Paradigm-Land to a Normal History of Science," *Social Studies of Science* 10 (1980), pp. 475-496을 볼 것.

파악하고, 이와 대응하는 기술 패러다임을 정의하는 것이었는데, 이렇게 되니 이런 넓은 의미의 기술 패러다임은 기술 시스템과 비슷한 것이 되었다. 한편 쿤의 범례 개념을 기술의 영역으로 확장한 연구들은, 그 흥미로운 함의들에도 불구하고 기술사나 기술사회학 분야 전반에 영향을 미치는 데에는 성공하지 못했다.

1) 넓은 의미의 기술 패러다임

1970년대와 1980년대 초반에 쿤의 패러다임을 기술로 확장한 대표적인 사례가 기술사학자 콘스탄트(Edward Constant)의 기술 패러다임(technological paradigm), 기술사회학자 바이커(Wiebe Bijker)의 기술 프레임(technological frame), 그리고 기술경제학자 도시(Giovanni Dosi)의 기술 패러다임 개념이다.

기술사학자 콘스탄트는 1973년에 출판된 논문에서 기술 패러다임이라는 개념을 제창했다. 그는 1930년대 영국에서 비행기의 터보제트엔진이 개발되던 ‘터보제트 혁명’(Turbojet Revolution)을 연구하던 중에, 프로펠러 비행기에서 터보제트 비행기로의 혁명적인 전환이 전자에 특별한 위기가 없는 상태에서 이루어졌다는 사실에 주목했다. 일반적으로 기술의 변화를 설명하던 당시의 이론에 의하면, 하나의 기술에서 다른 기술로 전이가 일어나는 이유는 전자에 심각한 기능적 문제가 발생하기 때문이었다. 콘스탄트는 쿤의 패러다임 전환에 대한 논의를 도입해서 이 현상을 설명하려 했으며, 이를 위해 기술 패러다임을 “단지 장치나 과정이 아니라, 과학 패러다임처럼 합리적 이유, 실행, 과정, 방법, 기구화, 그리고 일련의 기술을 이해하는 공유되고 특정한 방식”을 모두 포함하는 것으로 정의했다. 이것은 [기술적] “인식” 그 자체였으며, “기술을 수행하는 유관 공동체에 의해 정의되고 수용된 관습적인 체계”였다.¹⁷⁾

기술 패러다임에 대한 이러한 정의는 쿤의 넓은 의미의 패러다임 개념에 대응하는 것이었다. 콘스탄트는 과학 패러다임의 전환이 주변부의 과학자들에 의해서 종종 일어나는 것처럼, 기술의 경우에도 기술 혁명이 기술 활동의 중심에 있는 엔지니어보다는 주변부의 사람들, 특히 기술 패러다임의 영향

17) Edward W. Constant, “A Model for Technological Change Applied to the Turbojet Revolution,” *Technology and Culture* 14 (1973), 553-572, 인용은 p. 554.

에서 조금 떨어져서 현재의 기술의 발전이 가져올 미래의 상황에 대해서 자유롭게 생각할 수 있는 대학의 과학자들에 의해 일어날 가능성이 크다고 지적했다. 과학 패러다임과 기술 패러다임은 이런 공통점을 가지고 있었지만, 두 가지 차이도 있었다. 첫 번째 차이는 변칙-위기와 관련된 것이었는데, 쿤의 과학혁명론은 기존 패러다임에 변칙이 생기고 위기가 발생하면서 진행되지만, 콘스탄트는 기술 패러다임의 경우에는 이 변칙이 실제 변칙이 아닌 추정된 변칙(presumptive anomaly)이라고 주장했다. 추정된 변칙은 ‘현재 지배적인 기술 패러다임이 계속 발전할 경우 미래에 이런 문제가 생길 것이다’는 형태를 띤 변칙이었고, 이는 터보제트 혁명을 낳았던 프로펠러 패러다임에 실제적인 변칙이나 위기가 없었다는 사실을 설명할 수 있었다. 두 번째 차이는 경제의 영향이었다. 과학의 경우에는 정성과학의 발전에 외적인 요소들의 영향이 미미했지만 기술의 경우에는 경제적 요소들이 다양한 방식으로 개입하는데, 콘스탄트에 의하면 패러다임의 변화 시기에 경제적 요인들은 기술 공동체로 하여금 새로운 패러다임을 선택하거나 거부하는 판단을 결정하며, 회사가 새로운 패러다임을 택하는 시점(timing)을 결정하는 것이었다.¹⁸⁾

1980년대 초에 당시 기술사학의 연구 동향을 정리한 스토든마이어(John Staudenmaier Jr.)는 콘스탄트의 기술 패러다임 개념이 기술이 본질적으로 인지적 활동임을 강조했으며, 기술 발전이 지배적인 개념(즉 패러다임)의 강력한 영향을 받고, 이 지배적 개념이 기술 공동체에 의해서 공유되고 전수된다는 점을 조망했다는 의미가 있다고 평가했다. 그렇지만 콘스탄트의 기술 패러다임에서 논의한 추정된 변칙과 같은 현상이 기술의 역사에서 일반적으로

18) Constant, "A Model for Technological Change Applied to the Turbojet Revolution." 콘스탄트는 기술자들의 공동체가 과학자 공동체에 비해서 더 위계적이고 이질적이라고 평가하고 있다. Edward W. Constant, "Communities and Hierarchies: Structure in the Practice of Science and Technology," in Rachel Laudan eds., *The Nature of Technological Knowledge: Are Models of Scientific Change Relevant?* (Dordrecht: D. Reidel, 1984), pp. 27-43. 변칙과 관련하여 기술 패러다임의 경우에는 위기의 양상도 과학과는 다르다. 기술 패러다임의 위기는 새로운 패러다임이 도입되면서 두 패러다임 사이의 갈등에 의해서 생기는 것이었으며, 이런 의미에서 위기는 새로운 패러다임이 등장하게 되는 원인이거나 전조가 아니라 그 결과였다. 콘스탄트는 나중에 자신의 연구를 책으로 확장해서 출판했다. Edward W. Constant II, *The Origins of the Turbojet Revolution* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1980).

나타나는 현상은 아니었다. 기술 발전은 기능적 실패에 의해서도 일어나고, 기술 시스템 내의 병목현상이나 비평형(unbalance)을 해결하는 과정에서도 나타나며, 기술 간의 경쟁을 통해서도, 그리고 서로 다른 기술들의 통합을 통해서도 일어나기 때문이었다. 추정된 변칙은 혁명적인 기술 변화를 낳는 많은 요인 중에 한 가지일 수는 있었지만, 전부는 아니었다. 터보제트 엔진에 대한 콘스탄트의 분석이 옳다고 해도, 그가 보여준 사례는 일반적인 사례라기보다는 매우 독특한 경우에 가까웠던 것이다. 무엇보다 콘스탄트의 분석에서도 드러났지만 과학에서의 패러다임과 기술에서의 패러다임 사이에는 공통점보다 근본적인 차이점이 더 두드러졌고, 기술사학자들 대부분은 상황이 이렇진대 굳이 기술 패러다임이라는 개념을 사용해서 기술 변화를 설명해야 할 필요를 느끼지 못했을 것이었다.¹⁹⁾

베이크라이트(bakelite)의 발명 과정을 분석하면서, 기술사학자이자 기술사회학자인 바이커(Bijker)는 관련 집단이 선택하는 이론, 암묵지, 공학적 관행, 검사 절차, 목표 등으로 이루어져 있는 기술 프레임(technological frame) 개념을 도입했다. 바이커의 기술 프레임 개념은 쿤의 전문분야 행렬 개념을 기술에 적용한 것이었다. 물론 기술은 과학과는 차별성을 가지기 때문에 쿤의 전문분야 행렬과 기술 프레임은 몇 가지 차이를 보인다. 그 중 하나는 전문분야 행렬이 상징적인 일반화 및 형이상학적인 가정과 가치를 포함하는 인식적인 틀이라면, 기술 프레임은 사회적/물질적 요소들도 동시에 포함한다는 것이었다. 두 번째로는 기술 프레임이 포괄하는 관련 사회집단은 기술자에 국한되지 않고 소비자나 생산자 같은 사회적 그룹도 포함했다. 이런 집단들은 기술 프레임에 포섭되는 정도에서 다를 수 있으며, 한 기술자가 여러 프레임에 포섭될 수도 있었다. 바이커에 의하면 이런 정도 차이나 프레임의 공존이 흥미로운 기술 변화를 유도할 수 있었다. 바이커가 기술 패러다임이라

19) Staudenmaier, *Technology's Storytellers*, pp. 64-65. 기술의 발전에 대한 논의들은 David Wojick, "The Structure of Technological Revolutions," in George Bugliarello and Dean Doner eds., *The History and Philosophy of Technology* (University of Illinois Press, 1979) pp. 238-247; Peter Weingart, "The Structure of Technological Change: Reflections on a Sociological Analysis of Technology," in Rachel Laudan ed., *The Nature of Technological Knowledge. Are Models of Scientific Change Relevant?* (Holland: D. Reidel, 1984), pp. 115-42; Thomas J. Misa, "Theories of Technological Change: Parameters and Purposes," *Science, Technology & Human Values* 17 (1992), pp. 3-12에서의 논의들을 참조.

는 개념을 사용하지 않고 기술 프레임이란 개념을 창안한 데에는 기술 패러다임 개념이 이런 차이를 포괄적으로 담아내지 못한다고 생각했기 때문으로 보인다.²⁰⁾

쿤의 전문분야 행렬과 비슷하면서도 다른 기술 프레임 개념의 문제는 이것이 넓은 의미의 패러다임 개념에 근거했다는 데에 있는 것이 아니라, 이것이 어떤 설명적인 이점을 갖는가가 불분명했다는 것이다. 바이커가 주목하는 것은 한 기술 프레임이 안정적으로 오래 지속되는 것이 마치 정상과학이 안정적으로 발전하는 것과 흡사하며, 한 기술 프레임이 다른 기술 프레임으로 바뀌는 것도 패러다임의 전이와 흡사하다는 것이었는데, 이런 특성은 시스템 사이의 경쟁과 원숙한 시스템의 관성을 강조하는 기술 시스템 이론으로도 설명이 가능한 것이었다. 심지어 기술의 사회적 구성론(Social Construction of Technology, SCOT) 같은 사회구성주의도 종결이 일어난 이후의 기술은 상당히 안정적일 수 있다는 점을 인정했다. 바이커는 기술 프레임과 기술의 사회적 구성론을 거의 동시에 주장했는데, 이 두 가지 방법론 중에 기술의 사회적 구성론이 훨씬 더 큰 영향력을 발휘했다는 점도 기술 프레임 개념의 영향력이 크지 않았음을 보여준다.²¹⁾

기술 패러다임 개념을 주장했던 또 다른 분야는 진화 경제학에서 파생한 혁신연구 분야였다. 도시는 신슈페터주의 진화경제학을 발전시킨 넬슨(R. Nelson)과 윈터(S. Winter)를 계승했는데, 넬슨과 윈터는 특정 방향으로 발전하는 기술을 지칭한 기술 레짐(technological regime)의 진화적 발전을 탐구했던 진화경제학자였다. 이들은 기술의 발전이 기술 레짐을 구성하는 주요 구

20) Wiebe E. Bijker, "The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention," in Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, and Trevor Pinch eds., *The Social Construction of Technological Systems* (Cambridge, MA: MIT Press, 1987), pp. 159-187.

21) 바이커는 이후 자신의 논의를 책으로 확장했고 도시의 계획 역사를 분석하는 데 이 개념을 원용했다. Wiebe E. Bijker, *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs* (Cambridge, MA: MIT Press, 1995); E. Aibar and Wiebe E. Bijker, "Constructing a City: The Cerda Plan for the Extension of Barcelona," *Science, Technology & Human Values* 22 (1997), pp. 3-30. 바이커 이외의 기술학자들이 기술 프레임을 적극적으로 채용한 사례는 소수만이 존재한다. 그 중 하나가 Robert G. Arns, "The High-Vacuum X-Ray Tube: Technological Change in Social Context," *Technology and Culture* 38 (1997), pp. 852-890인데, 여기에서 안즈(Arns)는 기술의 인식적 측면과 인공물적 측면을 동시에 다루고, 또 기술에 영향을 미치는 정치적, 사회적, 군사적 요소들을 고려하는 데 있어서 기술 프레임의 개념이 가장 적절하다고 평가하면서 이를 채용하고 있다.

성요소들을 더 완벽하고 효율적으로 하는 방향으로 진화하며, 여기에 시장과 시장 외부의 여러 선택 요소들이 작용한다고 주장했다. 특히 이들은 기술 레짐이 다양한 외부적 조건의 변화 하에서도 특정한 일정 방향으로 발전하는 경향을 보일 수 있음을 지적한 뒤에 이를 기술 레짐의 “자연 궤적”(natural trajectories)이라고 명명했다. 스케일 효과를 이용하는 방향으로 기술의 규모가 커지는 쪽으로 발전한다든지 혹은 인간이 하던 일을 기계가 하는 방향으로 기술발전이 이루어지는 것이 이런 자연 궤적의 사례였다. 기술의 자연 궤적을 잘 이해하면 이 방향으로 기술 발전의 전략을 세운 회사가 유리하기 때문에, 이는 기업의 전략을 위해서도 매우 중요한 개념이 될 수 있었다.²²⁾

도시는 넬슨과 윈터의 기술궤적 개념을 수용하면서, 이를 기술 패러다임의 발전 경로와 연결시켰다. 즉, 기술 패러다임이 정상 기술(normal technology) 단계에 있을 때 기술궤적은 연속적인 것이 되며, 기술 패러다임이 기술혁명을 겪을 때 기술궤적은 불연속적인 것이 된다는 것이었다. 도시는 기술 패러다임을 “자연과학에서 유도된 원리와 선별된 물질적 기술의 토대에 근거한 선별된 기술적 문제의 해법의 모델과 패턴”으로 새롭게 정의했으며, 기술 패러다임이 충족되어지는 기술적 요구, 기술적 작업에 필요한 과학적 원리, 사용되는 물질적 기술을 맥락적으로 규정하는 기능을 한다고 해석했다. 쿤의 용어를 빌리자면, 기술 패러다임은 기술-경제적 특성을 가진 범례(인공물)에 일련의 발견법(heuristics)이 더해진 복합체였다. 이 발견법은 자연과학과 재료 기술 등에서 유도된 원리에 입각해서 기술 문제를 푸는 일종의 ‘해법 패턴’(solution pattern)이었다.²³⁾ 도시의 기술 패러다임은 패러다임을 받아들인 엔지니어나 회사가 다른 가능성을 고려하지 않고 자신이 받아들인 패러다임에 고착(lock-in)되어 버리는 ‘배제효과’(exclusion effect)를 특히 잘 설명할 수 있었는데, 이에 따르면 처음에는 효율이 높았던 기술 패러

22) Richard R. Nelson and Sidney G. Winter, “In Search of a Useful Theory of Innovation,” *Research Policy* 6 (1977), pp. 36-77, 인용은 p. 57. 이후 이들은 여기에서 기업의 ‘루틴’(routines)이라는 진화경제학의 핵심 개념을 발전시켰다. Nelson and Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change* (Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982).

23) Giovanni Dosi, “Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change,” *Research Policy* 11 (1982), pp. 147-162. 패러다임의 정의는 p. 152에 있다.

다임이 완만한 기술적 축적(technological accumulation)을 가능하게 하다가, 어느 단계가 되면 경로의존적인(path-dependent) 비효율을 낳는 원인이 된다는 것이었다. 이는 기술 개발과 수용에 대한 시장의 영향이 제한적일 수 있음을 시사했다.²⁴⁾

도시의 기술 패러다임 개념은 자연스럽게 기술혁명(technological revolution) 개념으로 이어졌다. 기술혁명은 프리만(C. Freeman)과 페레즈(C. Perez)에 의해서 강조되었는데, 이들은 주요 기술혁명의 영향이 기술의 영역에서만 멈추는 것이 아니라, 생산과 소비 구조를 포함한 경제 전체에 이른다는 점을 강조하면서, 기술혁명을 겪는 패러다임을 기술-경제 패러다임(techno-economic paradigm)으로 확장했다.²⁵⁾ 기술-경제 패러다임은 기술만이 아니라, 생산과 소비 같은 경제활동, 공장 같은 하부구조 등을 모두 포함하는 총체적인 개념이었다. 도시의 기술 패러다임은 범례로 축소되기는커녕, 시간이 지나면서 점점 더 확장되어, 기술-산업-경제의 총체를 지칭하게 되었다. 문제는 이런 총체적 개념이 국가적 차원의 기술정책에는 도움이 될 수 있어도, 구체적이고 개별적 기술의 발전 과정을 연구하는 기술사나 기술사회학 기술학자들에게는 크게 매력적이지도 않고, 유용하지도 않은 것이 되어 버렸다는 점이다.²⁶⁾

지금까지 살펴보았듯이 쿤의 패러다임을 기술에 원용한 기술사학자들은 대부분 이것을 넓은 의미로 사용했다. 과학과 마찬가지로 기술에도 인공물, 지식, 방법론, 가치, 세계관, 실행 등의 다양한 요소가 포함되어 있으며, 이런

24) 이런 함의는 이후에 Nathan Rosenberg, "Path-dependent Aspects of Technological Change," in *Exploring the Black Box: Technology, Economics, and History* (New York: Cambridge University Press, 1994), pp. 9-23; Richard R. Nelson and Sydney Winter, *An Evolutionary Theory of Technical Change* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985) 등에서 발전한 것들이다.

25) C. Freeman, "Technical Innovation in the World Chemical Industry and Changes of Techno-economic Paradigm," in C. Freeman and L. Soete eds., *New Explorations in the Economics of Technical Change* (London: Pinter Publishers, 1990), pp. 74-91; "Innovation, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics," *Revue économique* 42 (1991), pp. 211-231; C. Perez, "Structural Change and Assimilation of New Technologies in the Economic and Social Systems," *Futures* 15 (1983), pp. 357-375.

26) 예를 들어, 기술 레짐의 자연 궤적을 제시했던 넬슨은 자신의 개념을 확장해서 훨씬 더 큰 "국가혁신체계"(national innovation system) 개념을 제창했다. Richard R. Nelson, eds., *National Innovation Systems: A Comparative Analysis* (New York: Oxford University Press, 1993). 국가혁신체제의 개념은 기술경제패러다임론에서 사회제도적 틀에 해당하는 것이었다. 이 점을 지적해 주신 익명의 심사위원에게 감사드린다.

요소들을 다 포괄하기 위해서는 넓은 의미의 패러다임이 더 적절해 보였기 때문이었다. 그런데 패러다임을 이렇게 정의하고 나면 또 다른 문제가 생겼는데, 그것들은 대부분 포괄적인 의미의 기술이 과학보다 훨씬 이질적이라는 사실에서 비롯되었다. 성공적인 기술도 경제성이 떨어지면 도입되지 않듯이 기술은 경제적 요인들과 판단에 큰 영향을 받았으며, 기술자들이 최적이라고 생각한 디자인도 소비자들의 요구에 의해서 바뀌는 경우가 허다했다.²⁷⁾ 이러한 요소들을 포함시키면 어느새 기술 패러다임과 쿤의 패러다임 사이의 공통점은 희석되었고, 차이만이 부각되었다. 이 단계가 되면 기술 패러다임은 연구에 도움이 되는 개념적 유용성을 잃어버리게 되었던 것이다.

2) 좁은 의미의 범례로서의 기술 패러다임

인쇄된 문헌만을 놓고 볼 때 기술 패러다임이라는 용어는 1972년에 당시 맨체스터 대학교에서 과학-기술의 관계와 기술혁신 같은 주제를 연구하던 존 스톤(Ron D. Johnston)에 의해서 처음으로 사용되었다. 그는 1960년대에 쿤과 다른 철학자들 사이에 있었던 논쟁을 잘 알고 있었으며, 여기에서 쿤의 패러다임 개념의 모호성이 비판을 받았고, 1970년에 쿤이 『과학혁명의 구조』 재판을 내면서 패러다임을 두 가지 다른 의미로 정의했다는 사실을 인지하고 있었다. 존스톤은 기술 패러다임을 “특정 기술 분야에서 일반적으로 수용된 일군의 지도 원리들”로 정의하면서, 여기에 형이상학적인 넓은 패러다임, 범례로서의 패러다임, 범례보다 더 좁은 테크닉 등이 모두 포함된다고 보았다. 그는 또 이런 패러다임이 기술 변화를 인도하는 큰 틀 같은 인식론적인 기능, 기술 공동체를 구성하는 사회적 기능, 기술자들의 관점을 결정하는 심리적 기능을 수행한다고 보았다. 이는 과학에서의 여러 가지 패러다임들과의 유비를 잘 지킨 것이었다.²⁸⁾

그렇지만 이런 여러 가지 의미 중에서 존스톤이 중요하다고 생각한 패러

27) Ronald Kline and Trevor Pinch, “Users as Agents of Technological Change: The Social Construction of the Automobile in the Rural United States,” *Technology and Culture* 37 (1996), pp. 763-795; H. Mackay et al., “Reconfiguring the User: Using Rapid Application Development,” *Social Studies of Science* 30 (2000), pp. 737-757.

28) Ron D. Johnston, “The Internal Structure of Technology,” in P. Halmos ed., *The Sociology of Science, Sociological Review Monograph* No. 18 (Keele: University of Keele, 1972), pp. 117-130.

다임은 범례로서의 패러다임이었다. 그는 실제 역사적 사례를 다루는 부분에서 20세기 초에 시작한 전자공학의 “밸브 패러다임”(valve paradigm)이 20세기 중엽에 “트랜지스터 패러다임”으로 이전하고, 이것이 1960년대 말엽에 “집적회로(integrated circuit) 패러다임”으로 바뀐 과정에 대해서 논했다.²⁹⁾ 그는 밸브 패러다임을 1904년에 발명된 플레밍의 2극 진공관이라는 범례에서 출현한 것으로 해석하는데, 이 패러다임은 전자의 운동에 대한 이해, 진공관 제작 기술, 음극관에 대한 이론, 적절한 전극의 제작 등으로 구성된 것이었다. 이후 이 패러다임은 한동안 각각의 구성요소들을 발전시켜서 패러다임을 정교하게 하는 형태의 발전을 겪다가 1948년에 트랜지스터 효과라는 새로운 범례가 출현하면서 두 번째 트랜지스터 패러다임으로 전이했다는 것이다. 두 번째 트랜지스터 패러다임은 트랜지스터를 하나의 회로에 집적한 집적회로라는 세 번째 패러다임에 의해서 대체되었다. 이 과정을 논하면서 존스톤은 각각의 범례가 등장했을 때 소수만이 이를 받아들였다는 점을 강조한다. 새로운 범례들은 잘 확립된 기존의 지배적인 패러다임에 비해서 이론적으로도 미흡하고 하드웨어적으로도 문제가 많기 때문이었다. 따라서 오랜 시간을 거쳐서 새 패러다임의 유용성, 안정성, 경제성이 입증된 뒤에야 다수의 엔지니어들이 이것을 수용하기 시작했다는 것이 그의 결론이었다.³⁰⁾

진공관에서 트랜지스터를 거쳐서 집적회로에 이르는 기술 발전을 패러다임 개념을 사용해서 이해하는 것이 어떤 장점이 있는가? 존스톤은 이에 대해서 일반적으로 기술발전을 설명하기 위해서 도입되는 경제적, 사회적, 과학적 요소들만으로는 어떤 시기 동안 기술이 겪는 완만한 발전과 이어지는 급격한 변화의 연쇄를 설명할 수 없으며, 이는 (과학에서 그렇듯이) 패러다임 개념을 사용해서만 설명이 된다고 해명했다. 그렇지만 이런 방법론과 해석은 당시에 기술사학의 지배적인 방법론으로 등장한 맥락적 방법론(contextualist methodology)과 충돌하는 경향을 드러냈다. 당시 기술사학자들은 기술이 경제적 필요에 의해서 ‘결정’된다는 경제 결정론을 비판하고 배격했지만, 특정 기술의 발전을 그것을 둘러싼 사회문화적 맥락 속에 적절하게

29) 여기에서 밸브는 2극 진공관을 의미한다.

30) Johnston, “The Internal Structure of Technology.” 이러한 기술 패러다임은 과학과 기술의 관계에 대해서 함의들을 가질 수 있었다. 이는 Michael Gibbons and Ron D. Johnston, “The Role of Science in Technological Innovation,” *Research Policy* 3 (1974), pp. 220-242에서 논의되고 있다.

위치시켰을 때에는 이를 맥락적으로 이해할 수 있다고 생각했으며, 이런 맥락적 방법론을 널리 사용하고 있었다. 이러한 맥락적 방법론에 비추어 볼 때, 경제적, 사회적, 과학적 요소들이 기술의 발전을 잘 설명할 수 없기 때문에 기술 패러다임 개념을 도입했다는 존스톤의 주장에 설득될 학자들이 많지 않았을 것이라는 점은 추측해 볼 수 있다. 심지어 존스톤의 기술 패러다임은 기술사학자들이 오래 전에 포기했던 내적 기술사(internal history of technology)로 회귀하는 것처럼 보였을 가능성이 농후한 것이었다.³¹⁾

또 다른 문제는 공약불가능성과 관련된 것이었다. 존스톤의 논문이 출판된 1972년은 집적회로라는 세 번째 패러다임이 이미 출범했던 시점이었는 데, 첫 번째 패러다임인 진공관도 여전히 사용되고 있었다. 이런 경험적인 증거를 받아들여서 존스톤은 기술의 경우에는 하나의 기술 패러다임이 다른 기술 패러다임을 완전히 대체하는 현상은 나타나지 않으며 서로 조금씩 다른 용도로 같은 시점에 여러 기술 패러다임이 혼용되어 사용되는 경우가 많다고 해석한다.³²⁾ 그런데 그렇다면 기술에서는 과학에서 볼 수 있는 공약불가능성이 존재하지 않는다고 해석할 수 있다. 쿤은 과학의 경우 패러다임의 변화를 거치면서 잃어버리고 잊어버리는 요소가 있기 때문에 패러다임의 변환을 단선적이거나 누적적인 진보라고 볼 수 없다고 했는데, 만약에 기술의 경우 잃어버리는 것이 없다면 기술혁명은 누적적인 진보의 과정을 겪는다고 할 수 있기 때문이다. 실제로 존스톤은 새로운 패러다임의 등장이가 기술 진보에 직접 영향을 미친다고 평가하고 있는데, 이는 패러다임의 변화가 기술 진보를 가속화하는 계기로 작동하게 된다는 것으로 해석할 수 있다.³³⁾ 이런 경우에 쿤의 이론이 가진 급진성은 대부분 잃어버리게 된다.

쿤의 범례로서의 패러다임 개념을 기술의 영역에서 응용한 또 다른 연구는 매켄지(Donald MacKenzie)의 “기술의 사회적 형성론”(Social Shaping of Technology)이다. 매켄지는 1985년에 바이크만과 함께 편집한 책에서 쿤의 범례로서의 패

31) Staudenmaier는 1959년부터 1980년까지 21년의 기간 동안에 *Technology and Culture*에 출판된 논문들의 방법론을 분석해서 1973년 이후에 맥락적 방법이 다른 여러 방법론들을 압도적으로 뛰어넘은 가장 지배적인 방법으로 등장했음을 보여주고 있다. Staudenmaier, *Technology's Storytellers*, pp. 12-18. 내적 방법론은 초기에는 지배적이었다가 맥락적 방법론이 부상하면서 그 영향력이나 비중이 현저하게 감소했다.

32) Johnston, “The Internal Structure of Technology,” p. 126.

33) Johnston, “The Internal Structure of Technology,” p. 127.

러다임 개념이 기술의 역사를 분석하는 데 매우 유용하고 혁신적인 모델을 제공할 수 있음을 지적하며, 이후에 미사일 항법장치인 자이로스코프 연구에 이를 적용했다. 그에 따르면 범레로서의 “패러다임은 넓은 의미로서의 연구에 대한 공유된 틀이 아니라, 후속 작업의 예제이자 자원으로 기능하는 ‘구체적인 수수께끼 풀이’”를 의미하는 것이었으며, 따라서 기술에서의 패러다임도 모범이 되는 기술적인 모델, 해법으로 정의되었다. 매켄지가 주목한 것은 미사일의 항법 유도장치로 쓰이던 정교한 자이로스코프를 개발한 MIT의 찰스 드레이퍼(Charles Stark Draper)와 그의 연구팀이었다. 이 팀은 1947년에 ‘1차원 자유도의 통합 자이로스코프’(single-degree-of-freedom integrating gyroscope)를 최초로 개발했는데, 매켄지에 의하면 이것이 이후 자이로스코프 연구의 패러다임(범레)이 된 것이었다(그림 1). 이 패러다임은 이후 여러 가지 수정과 개발을 통해 보다 진전된 가속변계로 바뀌었고, 추후 이 자이로스코프와 친화성을 가진 진자 통합 자이로 가속변계(Pendulous Integrating Gyro Accelerometer, PIGA)와 펄스 통합 진자 가속변계(Pulsed Integrating Pendulous Gyro Accelerometer, PIPA)가 연속적으로 설계되었다. 20세기 자이로스코프의 기술적 전통이 지닌 일관성은 최초의 패러다임을 모델로 해서 이것을 더 완벽하게 하는(articulation) 방향으로 여러 문제를 해결하려는 일련의 노력의 결과로 얻어진 것이었다.³⁴⁾

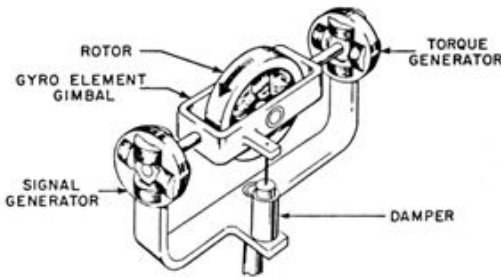


그림 1. MIT의 찰스 드레이퍼(Charles Stark Draper)와 그의 연구팀이 1947년에 개발한 ‘1차원 자유도의 통합 자이로스코프’. 매켄지에 따르면 이 자이로스코프는 이후 자이로스코프 연구의 범레가 되었다. [출처: MacKenzie, *Inventing Accuracy*, p. 82.]

34) Donald MacKenzie and Judy Wajcman, “Introductory Essays,” in MacKenzie and Wajcman eds., *The Social Shaping of Technology* (London: Open University Press, 1985), pp. 2-25 중 p. 11; Donald MacKenzie, “Missile Accuracy: A Case Study in the Social Processes of Technological Change,” in Bijker, Hughes, and Pinch, eds., *The Social Construction of Technological Systems*, pp. 195-222. 매켄지는 미사일 항법유도장치에 대한 연구를 책으로

좁은 의미인 범례로서의 기술 패러다임이, 사회의 영향을 강조한 기술의 사회적 형성론(shaping)을 탄생시킨 에든버러 학파의 일원이었던 매켄지로부터 제시된 것은 일면 아이러니컬하다. 기술의 사회적 형성론은 (기술의 사회적 구성론(construction)과는 달리) 경제적, 군사적, 정치적, 이데올로기적, 사회적 요소들이 기술 발전에 직접 영향을 미쳐서, 이런 외적 요소들이 기술의 디자인을 형성하는 데 중요한 역할을 한다고 주장하는 이론인데, 범례로서의 패러다임의 발전에는 이러한 외적 요소들의 개입이 쉽지 않아 보이기 때문이다. 그렇지만 조금 더 자세히 살펴보면, 이런 아이러니는 피상적인 것에 불과하다. 반스(Barry Barnes)와 같은 에든버러 학파의 멤버는 전문분야 행렬이 아닌 범례 개념 속에 과학 지식의 사회적 구성을 가능케 하는 속성이 있다고 생각했으며,³⁵⁾ 매켄지는 정확하게 이러한 전통을 잇고 있었다. 매켄지는 범례로서의 패러다임이 규칙(rule)이 아니라 자원(resource)이라고 강조하면서, 하나의 자원을 사용하는 데에는 여러 가지 방식이 있을 수 있으며, 이 방식을 결정하는 것은 기술 패러다임 외부의 요소라고 강조했다. 범례로서의 자이로스코프가 발전하는 정상 기술의 단계들은 기술 내적인 요소들만으로는 충분히 결정될 수 없는 것이었으며, 실제로 1960년대와 70년대를 거치면서 개발된 정교한 자이로스코프는 드레이퍼 실험실의 이해관계와 비전, 더 정교하고 값싼 자이로스코프를 원하던 공군의 압력, 대기업들 사이의 경쟁과 같은 외적 요소들이 개입한 결과로 얻어진 것이었다.³⁶⁾

기술의 사회적 형성론이 범례라는 쿤의 패러다임 개념의 핵심을 계승했지만, 이는 비슷한 시기에 등장한 기술의 사회적 구성론의 영향력에 눌려서 충분히 확산되지 못했다. 핀치와 바이커는 자전거를 모델로 삼아서 자전거의

확장했다. MacKenzie, *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance* (Cambridge, MA: MIT Press, 2000).

35) Barry Barnes, "Sociological Explanation and Natural Science: A Kuhnian Reappraisal," *Archive of European Sociology* 13 (1972), 373-391; T.S. Kuhn and *Social Science* (New York: Columbia University Press, 1982). 에든버러 학파는 쿤의 '과학혁명' 개념보다 범례를 확장하는 '정상과학' 개념이 더 '혁명적'이라고 보았는데, 그 이유는 범례의 확장이 주어진 물에 의해서 이루어지지 않기 때문에 그 과정에 과학의 내용이 아닌 과학 외적인 요인들이 영향을 미칠 수 있기 때문이었다. 필자는 "패러다임으로서의 쿤"(주 16 참조)에서 이를 논의했으며, 이를 논문으로 발전시키는 중이다.

36) MacKenzie and Wajcman, "Introductory Essays," p. 11; MacKenzie, *Inventing Accuracy*, p. 79, pp. 167-169, pp. 237-239. 기술 패러다임의 발전에 외적인 요소가 개입한다는 이유 때문에 매켄지는 "기술 궤적" 혹은 "자연 궤적" 개념을 비판하고 있다.

발전이 기술적으로 필연적이었던 것이 아니라, 사람들 사이의 일종의 협상에 의해서 이루어졌음을 흥미롭게 보였다. 기술학 연구자들, 특히 기술사회학자들은 기술을 둘러싼 유관 사회집단(relevant social group)을 매핑(mapping)하고, 이들 각각이 기술에 대해서 바랐던 상이한 기대들을 찾아내서 기술의 해석적 유연성(interpretative flexibility)을 드러내며, 사회기술적인 합의에 의해서 이 해석적 유연성이 사라지는 종결의 기제를 밝힌다는 핀치와 바이커의 구성주의적 접근에 환호했다. 이러한 접근법은 기술의 사회적 형성론에 비해서 인식론적으로는 더 상대주의적이었으며 정치적으로는 더 보수적이었다. 그렇지만 몇 가지 이유에서 당시 기술에 대해서 관심을 두고 연구를 하던 학자들은 SCOT이라고 불리기 시작한 '구성론'을 받아들였다.³⁷⁾

이 이유를 충분히 드러내는 것은 본 논문의 범위를 벗어나지만, 몇 가지 이유를 생각해 볼 수는 있다. 핀치와 바이커의 SCOT은 기술의 발전에 기술의 내재적 필요가 있다는 기술결정론을 설득력있게 논박했으며, 과학과 마찬가지로 기술의 경우에도 구성주의의 '대칭성 원리'가 적용될 수 있음을 보였다. 성공한 기술과 실패한 기술을 가르는 기준은 사회적으로 구성된 것이 되었고, 기술의 사용자는 엔지니어와 동등한 위치에서 기술의 디자인을 결정하는 주체로 부상했다. 이런 문제들은 당시 기술학 연구자들이 고민하던 어려운 문제였는데, 핀치와 바이커의 논문은 자전거의 사회적 구성 사례를 통해 이런 어려운 문제에 대한 해답을 제공했고, 이를 모델로 해서 기술학 공동체로 하여금 추후 해결해야 할 문제의 방향을 제시했다.³⁸⁾ 한 가지 역설적인 사실은 쿤의 범례 개념에 근거하지 않은 구성론은 기술학에서 범례 비

37) Trevor J. Pinch and Wiebe E. Bijker, "The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other," *Social Studies of Science* 14 (1984), pp. 399-441. 이 논문은 3년 뒤인 1987년에 기술의 사회적 구성론을 체계적으로 제시한 책에 실렸다. Pinch and Bijker, "The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other," in *The Social Construction of Technological Systems*, pp. 17-50. 구글(Google) 자료에 의하면 지금까지 이 논문은 3250회 인용되었다.

38) 과학기술학 분야의 학자들에 비해 기술사 분야에서는 SCOT에 대한 비판과 회의론이 상대적으로 더 많았다. 이는 이론 자체에 대해서 더 회의적인 역사 분야의 특성을 반영한 것이다. 역사학자 중에서 SCOT 등 구성주의에 대한 긍정적 평가는 Phillip Scranton, "Theory and Narrative in the History of Technology: Comment," *Technology and Culture* 32 (1991), pp. 385-393 참조. 이 주제에 대해서는 송성수, "사회구성주의의 재검토: 기술사와의 논쟁을 중심으로," 『과학기술학 연구』 2권 2호 (2002), 55-89쪽도 참조.

슷한 것이 되었으며, 쿤의 범례 개념을 충실히 따랐던 기술의 사회적 형성론은 자신을 범례화하는 데 성공하지 못했다는 것이다. 연구의 “범례화”에서 중요한 것은 당시 학자들의 커뮤니티가 고민하고 있던 문제를 해결하면서 새로운 연구방향을 제시하는 것이었는데, 이 일을 매켄지의 ‘미사일 자이로스코프’가 아니라 핀치와 바이커의 ‘자전거’가 더 충실하게 했다고 볼 수 있다.³⁹⁾

5. 파괴적 기술 혁신과 패러다임의 변화

범례로서의 기술 패러다임을 내세웠던 존스톤의 연구가 거의 영향력을 가질 수 없었던 이유는 다음의 두 가지였다. 첫 번째는 존스톤의 기술 패러다임 개념은 내적 기술사와 비슷한 것이 될 위험이 있었다는 것이며, 두 번째는 쿤의 패러다임 변환 과정에서 존재하는 공약불가능성에 대한 논의가 기술 패러다임에서는 없었다는 것이다. 이 중 첫 번째 문제는 매켄지의 연구에 의해서 해결되었다. 미사일 자이로스코프에 대한 그의 연구는 범례로서의 패러다임 개념을 채택한다고 기술사가 반드시 내적 기술사로 기술될 필요는 없다는 것을 보여주었다. 에든버러 학파의 사회구성주의 과학사회학은 쿤의 범례로서의 패러다임 개념을 기초로 해서 출범했지만 과학 지식이 만들어지는 과정에 사회적 요소가 개입하는 것을 주장했으며, 이러한 논의는 기술의 경우에도 그대로 원용되었다.

그렇지만 공약불가능성의 문제는 존스톤은 물론 매켄지에 의해서도 다루어지지 않았다. 사실 과학혁명보다 정상과학을 강조했던 에든버러 학파는 공약불가능성의 문제를 쿤의 『과학혁명의 구조』의 핵심이라고 생각하지 않았다. 게다가 기술의 경우에는 누적적 진보의 특성이 더 분명해 보였기 때문에, 공약불가능성이 거론될 여지가 훨씬 더 적어 보였다. 그렇지만 존스톤과 매켄지의 연구가 행해진 1970-80년대와 지금의 시점을 비교해 보면 한 가지 차이가 분명한데, 그것은 존스톤이 예로 든 전자기술에서 진공관이 거의 쓰

39) 물론 이 유비는 제한적이다. 기술사와 기술사회학 커뮤니티는 서로 다른 암묵지, 전통, 가치관, 방법론을 가지고 있으며, 기술사회학 내에도 SCOT, 기술시스템이론, 행위자 연결망 이론 등 조금씩 상충되는 다양한 이론적 입장이 존재한다. 이러한 현상은 결국 과학과 기술사회학이라는 분야의 본질적인 차이에 기인하는 것이라고 할 수 있다.

이지 않는다는 것이다. 트랜지스터와 집적회로는 진공관을 거의 확실하게 몰아내는 데 성공했으며, 이 사례는 기술의 경우에도 새 패러다임이 이전 패러다임을 완전히 대체한 경우가 있다는 것으로 해석될 수 있다. 존스톤이 생각했듯이 모든 기술이 계속 축적되어 한 시점에 과거의 기술과 현재의 기술이 항상 공존하는 것이 아닐 수 있다는 것이다. 이는 다시 두 기술 패러다임 사이의 공약불가능성에 대해서 생각해 볼 수 있는 가능성을 제시한다.

큰 범례로서의 패러다임을 논하는 지면에서 공약불가능성을 어떻게 설명했는가? 그는 이전 패러다임에서의 변칙이 새 패러다임에서는 법칙 비슷한 것이 된다는 얘기를 하면서, 같은 현상을 변칙으로 분류하는 오래된 패러다임과 법칙 비슷한 것으로 파악하는 새 패러다임을 어떻게 합리적인 하나의 잣대로 비교할 수 있는가를 반문한다. 비록 새 패러다임이 오래된 패러다임에 비해서 여러 가지 점에서 취약하고 그것이 해결하는 문제들도 훨씬 더 제한적이지만, 위에서 지적한 이유 때문에 (변칙을 깔끔하게 해결하기 때문에) 이 둘을 합리적으로 비교하는 것이 불가능하다는 것이다. 이 중 어느 것을 택할 것인가는 결국은 신념에 의해서, “종교적 개종”과 흡사한 과정을 거치면서 나타난다.⁴⁰⁾

비슷한 과정이 기술에서도 존재할 수 있을까? 두 패러다임을 합리적으로 비교하기가 매우 힘들다는 인식은 기술혁신을 연구하는 크리스텐슨(Clayton Christensen) 같은 경영학자들에 의해서 수용이 되어서, 더 정교한 형태로 발전했다. 그는 기술 아키텍처를 구성하는 일군의 중핵 기술들의 연결망을 기술 패러다임이라고 정의하면서, 기술 패러다임의 변화를 그것의 구성 요소들이 새로운 것들로 바뀌는 모듈 혁신(modular innovation, 혹은 컴포넌트 혁신)과 구성 요소들은 변화하지 않지만 그 연관이 완전히 새롭게 재구성되는 아키텍처 혁신(architectural innovation)으로 분류했다. 흥미로운 점은 모듈 혁신의 경우에는 기존에 시장을 장악한 기업들이 기술의 구성 요소들을 지속적으로 확장하고 발전시켜서 경쟁력의 우위를 유지하는 반면에, 아키텍처 혁신의 경우에는 새로 시장에 진입하는 작은 기업들이 기존의 기업을 추월하는 혁신의 주체가 되기에 훨씬 더 유리한 위치에 있다는 것이다. 이는 기존에 시장을 장악한 기업들은 아키텍처 혁신의 급진적이고 파괴적인 가능성을 간파하지 못하기 때문이었다.⁴¹⁾

40) Kuhn, *Structure*, pp. 102-110, pp. 150-152.

왜 아키텍처 혁신의 경우에는 기존에 시장을 장악하고 있는 거대 기업보다 새로 시장에 진입하는 작은 기업이 더 경쟁력을 가지는가? 크리스텐슨은 그 이유를 두 기술을 같은 잣대로 비교하는 것이 불가능할 정도로 매우 힘들기 때문이라는 데에서 찾았다. 새롭게 등장한 아키텍처 혁신은 기존의 성숙한 기술에 비해서 조야하고, 단순하며, 더 비싸거나, 안정적이지 못하고, 따라서 소비자들의 관심을 거의 끌지 못한다. 이런 신기술은 특정한 목적을 위해서 이를 찾는 적은 소비자들의 니치 마켓(niche market)을 점유하면서 시장에 진입한다. 기존의 기업이 자신들의 소비자들을 대상으로 시장 조사를 해도 이런 신기술을 선호하는 사람들은 거의 없다는 결과가 나오며, 따라서 기존에 시장을 장악한 기업들은 기존 기술을 토대로 모달적 혁신을 지속하는 전략을 택한다. 이렇게 때문에 이런 기업들 대부분은 혁신적인 기술이 성장을 해서 기존 시장에 진입해서 자신들의 기술을 위협할 때까지 신기술에 대해서 거의 아무런 손을 쓰지 못하고 있는 것이다 (그림 2).⁴²⁾

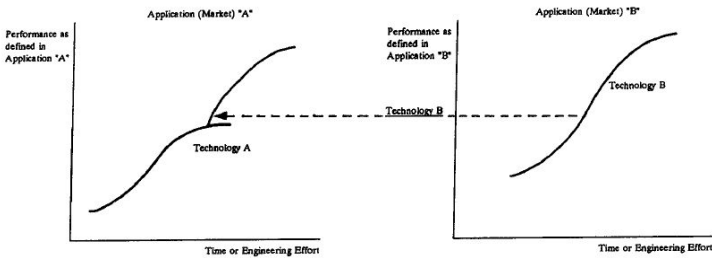


그림 2 크리스텐슨이 두 기술 패러다임 사이에 일종의 공약불가능성을 설명하기 위해서 도입한 S-곡선 그림들. 왼쪽의 그림에서 기술 A의 궤적은 모듈 혁신을 통해서 S-곡선을 확장함으로써 시장 A를 지속적으로 점유하는 기업의 활동을 나타내며, 오른쪽의 S-곡선은 새로운 아키텍처 혁신을 통해 시장 B에 진입함으로써 등장한 신기술 B의 성장을 보여주는 곡선이다. 이 두 기술 사이에는 일종의 공약불가능성이 존재한다. A에 의존하는 기업은 B가 성장을 해서 A의 시장을 잠식할 때(점선으로 표시된 화살표)까지 B의 가능성을 인지하지 못한다. [출처: Christensen, "Exploring the Limits of the Technology S-Curve. Part 2," p. 361.]

- 41) Clayton M. Christensen, "Exploring the Limits of the Technology S-Curve. Part I: Component Technologies," *Production and Operations Management* 4 (1992), pp. 334-357; "Exploring the Limits of the Technology S-Curve. Part 2: Architectural Technologies," *Production and Operations Management* 4 (1992), pp. 358-366. 아키텍처 혁신 개념은 Rebecca M. Henderson and Kim B. Clark, "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms," *Administrative Science Quarterly* 35 (1990), 9-30에서 처음 제시된 것을 크리스텐슨이 채용했다. 이 점을 지적해 주신 심사위원께 감사드립니다.

왜 이 두 기술을 같은 잣대로 비교하는 것이 어려운가? 크리스텐슨은 이 이유를 각각의 기술이 이루고 있는 “가치 네트워크”(value network)의 차이에서 찾는다. 컴퓨터 하드 디스크와 같은 기술은 하나의 독립된 기술이 아니라, 기업의 주력 상품, 기업의 조직, 기업 내의 여러 활동 등과 밀접하게 연결되어 있는, 일종의 네트워크의 일부라는 것이 그의 설명이다. 따라서 새로운 아키텍처 혁신을 받아들이는 것은 그저 하나의 기술 요소를 바꾸는 것이 아니라, 기업의 가치관, 전략, 기업 조직, 일상적 실행에 이르기까지 상당히 많은 것을, 그것도 매우 성공적인 것들을 모두 동시에 바꾸어야 한다는 것을 의미한다. 즉, 기술은 전체적인(holistic) 것이다.⁴³⁾ 그런데 이 문제는 바로 쿤의 패러다임 변화에서도 같은 방식으로 등장하는 문제이다. 왜 대부분의 과학자들은 변칙을 설명하지 못한 오래된 패러다임을 버리고 변칙을 잘 해결한 새로운 패러다임을 택하지 못하는가? 변칙을 설명하지 못한 오래된 패러다임을 버린다는 것은 문제 하나를 포기하는 것이 아니라, 이 패러다임에 딸려 있는 이론, 실험 방법들, 문제풀이 전략, 테크닉, 기구 등 모든 것들을 포기해야 함을 의미한다.⁴⁴⁾

크리스텐슨은 이후 이러한 분석을 책으로 내면서 기존의 시장을 와해하는 기술을 와해성 기술(disruptive technology)이라고 불렀으며, 다시 이를 혁신 일반에까지 확장해서 와해성 혁신이라는 개념을 만들었다. “혁신가의 딜레마”라고 보통 알려져 있는 그의 와해성 혁신 개념은 2000년대에 기업 혁신을 연구하는 경영학자들에 의해서 가장 많이 읽히고 인용되는 연구가 되었다.⁴⁵⁾ 그는 성공적인 기업들이 바로 자신들의 성공을 가능케 했던 경험과 전

42) Clayton M. Christensen and Richard S. Rosenbloom, “Explaining the Attacker’s Advantage: Technological Paradigms, Organizational Dynamics, and the Value Network,” *Research Policy* 24 (1993), pp. 233-257.

43) Christensen and Rosenbloom, “Explaining the Attacker’s Advantage,” pp. 238-242.

44) 쿤은 『과학혁명의 구조』 출판 이후에 이 공약불가능성의 문제를 좀 더 분석적으로 해결하기 위해 여러 가지 시도를 했다. 이 철학적 주제는 본 논문의 범위를 벗어난다. 이에 대해서는 H. Sankey, “Kuhn’s Changing Concept of Incommensurability,” *British Journal for the Philosophy of Science* 44 (1993), pp. 759-774; Jed Z. Buchwald and George E. Smith, “Incommensurability and the Discontinuity of Evidence,” *Perspectives on Science* 9 (2001), pp. 463-498 참조.

45) Clayton M. Christensen, *The Innovator’s Dilemma* (Cambridge, MA: Harvard Business School Press, 1997); Clayton M. Christensen and M. E. Raynor, *The Innovator’s Solution: Creating and Sustaining Successful Growth* (Cambridge, MA: Harvard Business School Press, 2003).

락 때문에 작은 기업에 의해서 이루어진 기술 발전의 가능성을 인지하지 못하고, 결국 이 신기술에 의해서 추월 당하고 시장에서 밀려난다는 사실을 설득력 있게 보였다. 그는 기존의 기업들이 독립적인 조직이나 자회사를 분리시켜서 와해성 기술 개발에 뛰어들게 하는 것이 기존 기업의 생존에 거의 유일한 방법이 될 수 있다는 점도 지적했다. 그는 쿤을 자주 언급하지는 않았지만 그의 통찰은 두 패러다임 사이에 존재하는 공약불가능성에 대한 쿤의 분석이 거의 그대로 기술의 영역에 투영된 것이었다.

6. 결론

기술사와 기술혁신 연구를 포함하는 넓은 의미의 기술학에서 쿤은 여러 가지 형태로 변용되어 전유되었다. 학자들 중에는 기술 패러다임을 경제적인 요소와 소비를 포함한 넓은 의미의 패러다임으로 수용한 사람들도 있었고, 기술에서 지식과 인식적 요소의 중요성을 강조하면서 주로 기술 지식의 패러다임을 주장한 사람들도 있었으며, 몇 가지 문제를 모범적으로 해결하면서 기술의 향후 발전 가능성을 제시한 범례 혹은 모델로서의 패러다임 개념을 택한 사람들도 있었다. 쿤의 패러다임은 기술이 기술 외부의 경제적이고 사회적인 영향을 덜 받고 독자적인 궤적을 그린다는 점을 강조하기 위해서도 채용 되었으며, 거꾸로 기술이 내적 요인에 의해서 발전하는 것 같이 보일 때에도 외적 요소가 항상 개입한다는 것을 보이기 위해서 채용되기도 했다. 마지막으로 기술 패러다임은 두 기술 패러다임을 합리적으로 비교해서 그 중 하나를 선택하기 힘들다는 점을 강조하는 기술혁신 연구자들에 의해서 수용되었다. 이런 마지막 입장은 “기술적 공약불가능성”(technological incommensurability)이 터무니없는 개념이 아닐 수 있다는 가능성을 시사한다.

쿤의 『과학혁명의 구조』가 과학의 발전을 설득력 있게 설명하지만, 모든 과학 발전을 충분히 설명하는 것은 아니다. 학자들 사이에서는 수학, 생물학, 사회과학을 쿤의 과학 발전의 ‘구조’에 맞추어서 설명할 수 있는가를 놓고 여전히 이견이 존재한다. 이런 논쟁을 고려할 때 우리는 쿤의 패러다임을 특정한 과학 분야의 발전과 거기에서 나타나는 과학의 여러 특성들을 잘 설명

하는 한 가지 철학적 설명틀이라고 보면 무리가 없다. 그럴진대 이런 패러다임 개념이 과학과는 상당히 다른 특성을 지니는 기술 변화를 모두 설명할 수 있으리라고 기대하는 것은 무리이다. 기술은 지식, 실행, 인공물이라는 매우 다른 요소들로 구성이 되어 있고, 하나의 기술에서 이런 요소 각각의 발전을 추동하는 요인도 다를 수 있으며, 서로 성격이 전혀 다른 기술들의 발전에는 더 많고 복잡한 요인들이 필요하다. 쿤의 이론을 포함해서 아마도 어떤 하나의 이론도 모든 기술의 다양한 발전 양상을 깔끔하게 설명하지는 못할 것이다.

그렇지만 지금까지의 논의를 살펴보면 쿤의 패러다임 개념이 기술을 이해하는 데에도 매우 중요한 몇 가지 통찰을 제공했다는 점 역시 분명해 보인다. 기술 패러다임은 기술의 지식적 측면을 강조하며, 기술에서 기능적 실패가 분명하지 않은 경우에도 새로운 기술이 등장할 수 있는 가능성이 있음을 보여준다. 또 하나의 범례에서 출발한 기술이 정상과학과 비슷한 발전 경로를 겪는 시기에는 여러 가능성들을 사상하면서 패러다임을 완벽하게 하는 특정한 방향으로 발전하는 경우가 많은데, 마치 과학에서 외부와 고립된 정상과학처럼 이런 기술의 경우에도 왜 시장의 압력이 모든 것을 설명하지 않는지를 알 수 있다. 또 특정한 기술혁신의 경우에 두 기술 패러다임을 합리적으로 비교하기 힘든 상황이 존재할 수도 있다. 이러한 현상은 기술에도 과학과 비슷한 특성들이 존재함을 보여주는데, 이런 특성들은 과학과 기술의 관계가 가까워지거나 상호작용이 잦아져서 만들어진 것이라기보다는 과학과 기술 모두 하나의 범례에서 시작해서 이질적인 요소들을 연결하고 포함하는 점점 더 복잡한 네트워크를 만드는 형태의 역사적 발전을 겪기 때문인 것으로 보인다.⁴⁶⁾ 이러한 유사성을 분석해 보는 것도 흥미로운 연구가 될 텐데, 이는 본 논문이 아니라 나중에 독립적인 연구를 위한 주제가 될 것이다.

46) 행위자 연결망 이론(actor-network theory, ANT)은 과학과 기술의 차이를 이완시키는 것이 필요하다고 보며, 과학과 기술을 테크노사이언스(technoscience)로 총칭한다. 테크노사이언스는 이질적인 네트워크의 성장 속에서 힘을 획득하는데, 이런 행위자 연결망 이론의 기술 철학에 대해서는 홍성욱, “인간과 기계에 대한 ‘발칙한’ 생각: ANT의 기술론” 홍성욱 엮음, 『인간, 사물, 동맹』 (이음, 2010), 125-154쪽을 참조하라.

Technological Paradigms and Technological Revolutions

Thomas S. Kuhn and the History of Technology

HONG Sungook (Seoul National University)

Abstract. This paper discusses and compares scholarly works published in Technology Studies (such as the history and sociology of technology, technology policy, and innovation studies), which have adopted and adapted Thomas Kuhn's various ideas on scientific development that he proposed in his highly influential *Structure of Scientific Revolutions* (1962). For this purpose, this paper classifies such works into two categories: those which interpret Kuhn's paradigms as a disciplinary matrix, an overarching concept that includes not only theories and models but also metaphysical principles and worldview; and those which take the concept of a paradigm as an exemplar, a concept narrower than the disciplinary matrix. Although such "Kuhnian" works were not so successful in establishing themselves as a paradigm in Technology Studies, they have yielded many interesting discussions and insights not only on the historical development and the social characteristics of technology but also on the innovative behavior of corporations.

Key words. Thomas S. Kuhn, Technological Paradigm, Technological Revolution, exemplar, social construction of technology, technological frame