2015년 과학학 연합학술대회 발표논문(2015.12.5.)

'예측'의 과학기술학(STS)적 함의

김 병 수
한국과학기술기획평가원 부연구위원

<논문 초록>

이 논문의 주된 목적은 문헌 분석을 토대로 '예측'에 관한 STS적 이해와 함의를 제공하는 데 있다. 역사와 철학적 측면에서 볼 때 '예측'은 과학기술의 발전과정에 존재해왔다. 과학적 연구방식에서 '예측'과 관찰은 필수적이었고, 물리학, 기상학 등과 같은 분과학문에서도 '예측'은 중요한 역할을 차지했다. 기술의 혁신과정에 있어 미래에 대한 예상과 기대(expectations)에 대한 연구의 중요성은 로젠버그(Rosenberg, 1982)가 일찍이 강조한 바 있으며, 최근에는 STS 연구자들이 이러한 기대의 중요성에 주목하여 이른바 '기대의 사회학'(sociology of expectations)이라는 연구분야를 개척해왔다. 이 분야에서 초창기부터 활동해 온 반 렌트(van Lente, 1993)에 따르면, 기술의 혁신과 발전과정을 이해하기 위한 삼각 축, 즉 인공물(artefacts), 행위자(actors), 어젠다(agenda) 중 어젠다에 해당하는 기대와 전망(expectations and promises)에 관한 연구는 상대적으로 부족했다. 이러한 현실 인식은 우리나라의 STS연구에서 여전히 유효하다. 기술에 대한 기대와 전망은 단순히 '행위자'에 종속된 아이디어 차원이 아니며, '예측' 그 자체가 기술혁신분야에서 중요한 연구대상으로 주목될 필요가 있다. 최근에는 미래를 연구 대상으로 하는 미래학(futures studies) 분야가 형성되어 STS연구와의 접점이 확대하는 중이다. 이 논문에서는 이러한 현실 인식을 바탕으로 과학기술을 구성하는 중요한 요소로서 '예측'에 주목하고, 이러한 '예측'의 STS적 함의와 연구방향을 제시하고자 한다.

1. 예측의 철학적 기반

노벨물리학상 수상자인 가버(Dennis Gabor)는 1963년에 그의 저서 *Inventing the Future*에서 "미래는 예측될 수 없으며, 다만 복수의 미래가 만들어질 수 있다(The Future cannot be predicted, but futures can be invented)"고 하였다.[1] 이는 미래가 '주어진 것'이 아니며, 만드는 대상임을 강조한 것이다. 그럼에도 현실은 미래 예측에 관한 서적, 기고문, 인터뷰 등이 하루가 멀다 하고 생성되고 있다. 우리는 과연 미래를 예측할 수 있을까? 이 질문에 대한 답을 찾기 전에 한 대중서적에서 저자가 던진 예측에 관한 화두를 생각해 보는 것이 유용할 수 있다고 생각한다. 그에 따르면 '왜 우리는 예측할 수 없을까?'라는 공허한 질문 대신에 '왜 우리는 예측할 수 있다고 생각할까?'라는 질문을 던져야 한다는 것이다.[2] 이 논문

1) http://quoteinvestigator.com/2012/09/27/invent-the-future/ 참조(검색일: 2015.11.27.)
2) Dan Gardner, *Future Babble: Why Expert Predictions Fail-and Why We Believe Them Anyway*, McClelland & Stewart, 2010 [이경식 역, 『앨빈 토플러와 작별하라: 엉터리 전문가 미래 예측 열혈 추종자들의 이중 심리 파헤치기』, 생각연구소, 2011], p. 108.

은 이러한 화두를 출발점으로 삼으며, 우선 '예측' 자체에 초점을 맞추려고 한다. 과학기술의 역사와 철학을 살펴 볼 때, 예측은 늘 논의의 내부에 존재하고 있었다. 때로는 예측이 과학기술의 중심적인 역할을 하기도 했으며, 주변부에 머무를지언정 과학기술과 유리되지 않고 늘 과학기술의 이론, 실험, 장치 등과 함께 했던 것이다. 이 논문은 예측을 화두의 중심에 두고, 예측이 과학기술학(STS) 측면에서 어떤 의미를 갖는지를 살펴보는 것이 주된 목적이다. 이를 위해 우선 예측을 포함한 과학활동의 이론적, 철학적 기반으로 볼 수 있는 '과학적 방법론'의 논의부터 살펴 보겠다.

'과학적 방법론'은 17세기 베이컨(Francis Bacon)과 데카르트(René Descartes) 이래로 시도되었던 "과학자들이 따르거나 따라야 할 특수한 방법"이라고 할 수 있으나, 이러한 정의는 이미 진부한 것이 되고 말았다. 오히려 최근의 과학철학자들은 이러한 방법론에 대해 논하는 것에 대해 신중한 모습을 보이고 있다.[3] 그럼에도 불구하고 과학적 방법론은 일반적으로는 "현상을 탐구하고 그로부터 자료를 추출하며 새로운 가설을 창출하고 제안된 가설을 검사하는 방법들의 덩어리"라고 할 수 있다. 구체적인 방법론으로는 다양한 유형이 존재하는데, 이들 중 유력한 것은 반증주의자인 포퍼(Karl R. Popper)와 논리경험주의자인 헴펠(C. G. Hempel)이 지지했던 가설연역적 방법(hypothetico-deductive method)이다. 이 방법론은 4단계로 이루어지는데, 1단계로 탐구 중인 문제에 대한 가설을 제안하면, 2단계에서 그 가설을 이용하여 설명을 하고 예측을 하며, 3단계에서 경험적으로 시험을 한 후, 4단계에서 최종적으로 가설에 대한 확증 또는 반증을 하는 것이다.[4] 이처럼 과학적 방법에 있어서 예측은 중요한 역할을 한다. 과학의 실행에서 중요시되는 관찰과 실험은 본질적으로 가설에 대한 예측을 확증하거나 반증하기 위한 것이라고 볼 수 있기 때문이다. 굳이 이러한 과학적 방법의 엄밀성을 논하지 않더라도, 과학사를 살펴보면 그 중심에는 예측이 존재하고 있었음을 어렵지 않게 발견할 수 있다.

하지만 이러한 과학사에서의 예측 사례들은 예측이라는 유사한 주제어를 포함하는 사실의 단순한 나열에 불과할 수 있다. 과학사에서 존재했던 예측 사례들은 각자가 세계관과 방식 측면에서 상이했기 때문이다. 과학에서의 예측을 보다 철학적으로 엄밀하게 검토하기 위해서는 결정론(determinism)적 측면에서 더 살펴볼 필요가 있다. 포퍼는 물리적 결정론의 본질을 "모든 구름은 시계다"(all clouds are clocks-even the most cloudy of clouds)라는 비유를 들어 언급하곤 했는데, 20세기 과학은 그 역인 "모든 시계는 구름이다"(all clocks and clouds)라는 진술로 바뀌었다고 한 바 있다.[5] 자연을 하나의 '시계'로 보는 기계론적 패러다임 하에서는, 비정형적인 구름조차도 과학적으로 측정하고 분석하는 것이 가능한 것으로 인식했기 때문에 "모든 구름은 시계다"라고 할 수 있었다. 하지만 20세기 이후 양자역학 등으로 불확실성을 내포하는 패러다임 하에서는 세상의 모든 시계조차도 이제 구름처럼 불확실한 대상으로 변모했다는 의미인 것이다.[6] 포퍼는 1957년에 "과학적 방법이든 다른 어떤 합

3) Peter Godfrey-Smith. *Theory and Reality*, The University of Chicago, 2003 [한상기 역, 『이론과 실재: 과학철학 입문』, 서광사, 2014], p. 32.
4) 이영의, "과학방법론", 『과학철학: 흐름과 쟁점, 그리고 확장』, 창비, 2011, pp. 191-205.
5) Karl R. Popper, "Of Clouds and Clocks," in *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach*, Rev. ed, New York: Oxford University Press, 1972, Rev. ed., 1979, p. 210; p. 213. Katharine Anderson, *Predicting the Weather: Victorians and the Science of Meteorology*, The University of Chicago Press, 2005, pp. 13-14에서 재인용.
6) Gabriel A. Almond and Stephen J. Genco, "Clouds, Clocks, and the Study of Politics," *World Politics* 29, No. 4, 1977, pp. 489-522; 민병원, "이해할 것인가, 설명할 것인가?: 모델기반 정치학을 향하여", 『한국정치연구』 제21집 제3호, 2012, pp. 343-367.

리적인 방법이든 간에 인류역사의 경로는 예측할 수 없다"고 단언하면서 인류의 미래 예측에 대한 그의 입장을 명확히 표현한 바 있다.[7]

해킹은 그의 저서에서 상당한 지면을 할애하면서 결정론이 퇴색하는 과정을 보여주었다. 결정론은 독일에서 Determinismus라는 단어로 처음에 등장하였는데, 칸트는 1793년에 그의 종교에 관한 저서[8]에서 이 단어를 처음으로 사용했다. 칸트는 1798년에 결정론에 대해 "충분한 내적(주관적) 이유들로부터 의지가 결정된다는 원리이다. 절대적 자발성과 같은 자유의 원리와 결정론 원리를 양립시키는 것은 어렵지 않다."고 했다. 영어에서는 <옥스퍼드 영어사전>에서 1876년에 '일어나는 모든 것들은 인과관계가 야기하는 필연적인 연쇄에 의해 결정된다는 이론'으로서 숙명론의 의미로 사용되었다. 해킹은 이와 같은 숙명론으로서의 결정론이 데카르트 이후 유럽에서 일관되게 존재했다고 한다. 아울러 19세기 말에 이르러 우연(chance)의 법칙이 등장함에 따라 결정론은 그 지위를 잃게 되었다고 주장한다. 예컨대 양자물리학은 자연이 근본적으로 환원 불가능하게 확률적이라는 인식을 당연하게 확산시켰다. 이러한 양자역학의 확률 개념은 형이상학적 측면에서 기존의 보편적인 데카르트의 인과율을 대체해 버렸다는 것이다.[9]

해킹이 언급한 바와 같이 19세기 말 이후 결정론적 인과율은 확률적인 우연의 법칙으로 대체되었고, 이는 인식론적으로 불확실성이 증대되는 상황에 놓이게 되었다. 특히 20세기에 들어서면서 과학기술과 사회가 복잡하게 진화함에 따라, 과학기술은 예측불가능성(unpredictability), 불완전한 통제(incomplete control), 정당화 관점의 다원성(plurality of legitimate perspectives) 등을 전제로 해야하는 상황에 직면했다. 불확실성이 증대하는 상황에서 정책은 더 이상 사실적 예측(factual prediction)에 의지할 수는 없게 된다. 미해결 문제에 대한 일상적인 '퍼즐풀이'(puzzle solving) 활동이 이루어지는 쿤(Thomas S. Kuhn)의 '정상과학'(normal science) 개념[10]으로는 이러한 상황에 대한 설명에 한계가 있는데, 여기서는 퍼즐풀이보다는 '문제해결'(problem solving)이 무엇보다 중요한데, 펀토비츠와 라베츠(Funtowicz & Ravetz)는 체계 불확실성(system uncertainty)과 의사결정 범위(decision stakes)를 두 축으로 하여 이들의 정도가 높아짐에 따라 응용과학(applied science), 전문가적 자문(professional consultancy), 탈정상과학(post-normal science) 방법의 순서로 문제가 해결될 수 있다고 한다. '탈정상과학'의 방법에서 주목할 점은 기존의 과학자 공동체로부터 시민을 포함한 '확장된 동료 공동체'(extended peer communities)에서 문제해결이 모색된다는 점이다.[11] 기술의 미래에 대한 예측을 기반으로 예견될 수 있는 다양한 측면의 영향을 분석하는 기술영향평가(technology assessment, TA)에서, 과학기술자뿐 아니라 시민의 목소리를 적극 반영하는 참여적(participatory) TA와 구성적(constructive) TA 방식은 이러한 탈정상과학

---

7) Karl R. Popper, *The Poverty of Historicism*, Boston: Beacon Press, 1957. David Orrell, *Apollo's Arrow: The Science of Prediction and the Future of Everything*, HarperCollins Publishers Ltd: Toronto, 2007 [이한음 역, 『거의 모든 것의 미래: 인류의 미래에 관한 눈부신 지적 탐험』, 리더스북, 2010], p. 346에서 재인용.

8) I. Kant, *Die Religion innerhalb der Grenzen der Blossen Vernunft*, Konigsberg, 1793; 2nd enlarged edn. Konigsberg, 1794, p. 58. Ian Hacking, *The Taming of Chance*, Cambridge University Press, 1990 [정혜경 역, 『우연을 길들이다: 통계는 어떻게 우연을 과학으로 만들었는가?』, 바다출판사, 2012], p. 301에서 재인용.

9) Ian Hacking(1990), pp. 23-359.

10) Thomas S. Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions: 50th Anniversary Edition, The University of Chicago, 1962, 2012 [김명자홍성욱 역, 『과학혁명의 구조: 출간 50주년 기념 제4판』, 까치, 2013].

11) Silvio O. Funtowicz and Jerome R. Ravetz. "Science for the Post-Normal Age," *Futures*, Vol. 25, Issue 7, September 1993, pp. 739-755.

적 방법론의 연장선상에서 이해될 수 있는 것이다.

하지만 불확실성과 의사결정 범위가 증대된다고 해서 과학연구의 방법이 탈정상과학적 측면으로 수행되는 것만은 아니다. 펀토비츠와 라베츠의 탈정상과학 개념은 기존의 정상과학 개념에서 설명하기 어려운 상황에 대한 약점을 보완하는 방식으로 읽혀야 한다. 여전히 일상적으로 수행되고 있는 과학연구의 속성은 쿤의 정상과학적 측면에서 더 잘 이해되는 부분이 존재하기 때문이다. 예컨대 해킹은 쿤의 『과학혁명의 구조』 출간 50주년을 기념하여 쓴 개정판의 서문에서, 힉스(Peter W, Higgs)가 예견한 힉스 입자(Higgs particle)를 찾는 고에너지 물리학 연구야말로 정상과학의 모습을 보여준다고 말한다. 이 분야의 과학자들이 추구하는 것은 새로운 종류의 이론이나 현상이 아니었는데, 이러한 특징이야말로 새로움을 겨냥하지 않는 정상과학의 모습이라고 본 것이다. 아울러 해킹은 새로움이 이미 확립된 이론을 검증하는 데에서 나온다고 하면서, 힉스 입자가 발견될 경우 고에너지 물리학은 완전히 새로운 세대를 맞이할 것으로 '기대'했다.[12] 실제로 힉스 입자가 발견됨에 따라 힉스는 2013년에 엥글레(Francois Englert)와 공동으로 노벨물리학상을 수상하였다. 힉스 입자의 발견으로 말미암아 표준모형(Standard Model)이 완벽하게 완성되는 계기가 되었으며, 우리 존재가 힉스장에 결정적으로 의존한다는 것을 깨닫게 되었고, 입자물리학의 새로운 탐색 영역이 열리는 계기가 되었다고 평가되었다.[13] 해킹의 기대 또는 예측이 확증된 것이다.

2. 예측의 역사적 맥락

고대 과학체계의 선구자인 피타고라스(Pythagoras)는 인류역사상 신탁이 아닌 수학에 바탕을 둔 새로운 예측체계를 만들었는데, 동 시대인이었던 탈레스(Thales)는 기원전 585년에 이미 일식을 예측한 바 있다. 플라톤(Plato)과 당시의 철학자들에게 우주는 혼돈과 변화의 장소가 아닌 무한 반복되는 주기와 같은 것으로 인식되었고, 이런 인식은 미래에 대한 결정론으로 귀착되었다. 천문학자였던 케플러(Johannes Kepler)는 1595년에 세 가지 예측, 즉 혹한기의 도래, 투르크족의 침략, 농민봉기의 발발 등을 예언하였는데, 당시 루돌프 2세(Rudolf Ⅱ)가 튀코(Tycho Brahe)와 케플러 등을 우대한 것은 사실 그들의 점성술적 예측능력을 높이 평가했기 때문이다. 코페르니쿠스(Nicolaus Copernicus)의 혁명 이전에 주전원으로 가득한 고대 그리스의 원 모형이 2,000여 년 동안 널리 받아들여졌던 것은 그것이 예측 도구로서 역할을 충실히 수행했기 때문이기도 하다. 비교적 최근에는 맥스웰(James Clerk Maxwell)이 가시광선 바깥에 전자기파가 존재함을 예측하고, 멘델레예프(Dmitri Ivanovich Mendeleev)는 주기율표의 빈 자리를 채울 물질이 존재할 것임을 예측했으며, 르베리에(Urbain Jean Joseph Leverrier)가 예측한 행성은 해왕성으로 발견되는 등 예측에 기반한 과학 연구의 성과가 존재했다. 요컨대 과학의 역사 속에서 예측이 존재해왔으며, 예측을 시험하고 확증하기 위한 노력 자체가 다시 과학의 역사를 구성해 온 것이다.[14]

이제 예측 자체에 대해 논의의 초점을 맞춰보겠다. 예측 관련 용어만 보더라도, 예측, 예

12) Ian Hacking, "이언 해킹의 서문", Thomas S. Kuhn, 김명자·홍성욱 역, 『과학혁명의 구조: 출간 50주년 기념 제4판』, 까치, 2013, p. 21.
13) 최성렬, "힉스 메커니즘 확증과 힉스입자 발견의 의미", 『물리학과 첨단기술』, 한국물리학회, December 2013, pp. 2-7.
14) David Orrell(2007) 참조.

언, 예상, 전망, 예보 등 다양한 표현이 존재하는데, 영어의 경우에도 prophecy, prediction, forecast, foresight, expectation, projection, anticipation 등 다양하다. 영어의 경우 각 단어마다 함축하는 의미가 서로 다른데, 문제는 예측 관련 용어에 대해 학자마다 조금씩 달리 사용할 뿐 아니라, 합의된 번역용어가 존재하지 않는다는 것이다. 일례로 prediction과 forecasting은 모두 우리말로 예측이라고 사용할 수 있으나, 그 의미는 서로 다르다. 나이(David E. Nye)에 따르면, prediction은 획기적인 창안을 중심으로 장기적인 측면을 고려하지만, forecasting은 혁신을 초점으로 한 10년 미만의 시간 단위를 고려하는 것이다.[15] 하지만 이러한 용어의 구분은 일반적으로 적용되지는 않는다. 데이터 분석을 기반으로 한 예측으로 유명한 대중서적의 저자인 실버(Nate Silver)는 예견(prediction)은 "대규모 지진이 6월 28일에 일본 교토를 강타할 것이다"와 같은 구체적인 진술이며, "지진이 30년 안에 캘리포니아 남부에서 발생할 확률은 60퍼센트다"와 같이 확률적이고 장기적인 차원의 진술은 예측(forecast)에 해당한다고 한다. 그는 "지진을 예견할(predict) 수는 없어도 예측할(forecast) 수는 있다"는 미국 지질조사소의 공식 입장을 소개하면서 이들 개념의 차이를 비교하였다.[16]

사실 이와 같은 예측 관련 용어들의 연원에는 역사적인 맥락이 존재한다. 예측 관련 용어는 그 속성과 유래상 기상학(meteorology)의 발전과정과 매우 밀접하기 때문에 여기서는 기상학과 유관 분야를 중심으로 예측의 역사적 맥락을 살펴보겠다. 1875년 4월 1일 런던의 <타임스>지에서 날씨난이 처음으로 선보인 것으로 알려져 있다. 특기할 만한 사실은 날씨난을 통해 예보를 담당했던 사람은 골상학으로 잘 알려진 골턴(Francis Galton)이었다.[17] 이보다 이른 1861년 8월에는 영국 상무부(the Board of Trade)의 초대 기상국장이었던 피츠로이(Robert Fitzroy)가 기존 용어인 예언(prophecy or prediction)은 기상예보에 부적절하다면서 새로운 용어인 예측(forecast)을 기상예보에 받아들여 활용했다. 예측(forecast)이란 용어가 "과학적인 조합과 계산 결과에 엄밀하게 적용가능하다"는 이유에서였다.[18] 이미 휴얼(William Whewell)은 1840년 그의 저서 <The Philosophy of the Inductive Sciences>에서 예언(prediction)을 과거 사건들을 토대로 아직 발생하지 않은 사건들을 기대하는 것이라고 정의했다. 특기할 만한 것은 휴얼이 미래에 대한 추론과 과거에 대한 추론을 구분하는 것이 불가능하다고 강조했다는 점이다. 헉슬리(Thomas Huxley) 또한 1880년에 그의 에세이에서 '회고적 예언'(retrospective prophecy)이라는 용어를 창안하였으며, 휴얼과 마찬가지로 회고적 예언과 미래 예언(foretelling)과의 차이를 인정하지 않았다.[19] 앤더슨(Katharine Anderson)은 영국 빅토리아 시대의 기상학이 '기대의 과학'(science of expectations)이었다고 평가한다. 이는 기상학이 추구하는 바 그대로 미래의 날씨에 관한 학문이기도 했지만, 은유적으로는 당대인들이 과학에 대해 생각했던 모습을 압축적으로 보여주었기 때문이다. 즉 과학이 해줄 수 있는 것과 과학이 해야만 하는 일종의 '기대'가 기상학에 투영되었다는 것이다.[20]

프리드만(Robert M. Friedman)은 근대 기상학과 일기예보의 아버지로 일컬어지는 노르웨

15) David E. Nye, *Technology Matters: Questions to Live With*, The MIT Press, 2006, p. 34.
16) Nate Silver, *The Signal and the Noise: Why So Many Predictions Fail-but Some Don't*, Penguin Books, 2012 [이경식 역, 『신호와 소음: 미래는 어떻게 당신 손에 잡히는가』, 더 퀘스트, 2014], pp. 233-234. 번역서에서는 prediction을 예측으로, forecast를 예상으로 번역하였으나, 여기서는 전자를 예견으로 추자를 예측으로 번역하였다.
17) David Orrell(2007), p. 17.
18) Katharine Anderson(2005), p. 15.
19) Ibid., pp. 25-26.
20) Ibid., p. 285.

이의 기상학자 비에르크네스(Vilhelm Bjerknes)를 중심으로 기상학의 발전과정을 분석했다. 제1차 세계대전 동안 전쟁의 기계화와 군사경제 활동의 합리화를 추구하는 과정에서 기상예보에 대한 요구가 증대되기 시작했는데, 전쟁이라는 특수 상황 하에서 다른 어떤 과학분야보다도 기상학에 대한 관심은 돋보일 수밖에 없었다. 1910년대 상황은 비단 전쟁이라는 요소만이 아니더라도, 농업 생산 증대에 대한 요구와 민간 항공산업의 활성화 차원에서도 정확하고 상세한 기상예보는 필수였다. 비에르크네스는 이러한 시대적 상황을 기상학 발전의 호기로 활용하여 적극적으로 정부에게 지원을 요청했으며, 결과적으로 이 시기에 노르웨이에 국가 차원으로 자기충족성(self-sufficiency)를 목적으로 하는 정부 지원 실험실들이 다수 설립되어 과학 기반(scientific foundation)의 노르웨이 경제를 구성하는 첫 단계를 밟게 되었다.[21]

19세기에는 기상학의 발달과 더불어 여러 분야의 과학자들에 의해 2000년대 현 시점의 글로벌 이슈 중 하나인 지구온난화에 대한 가능성(possibility)도 예측되었다. 1859년에 영국의 과학자 틴달(John Tyndall)은 대기 중의 특정성분이 온실효과와 유사한 효과를 발생시킨다는 것을 발견했다. 이후 1896년에 스웨덴의 화학자 아레니우스(Svante August Arrhenius)는 인간의 활동에 의한 대기 중 이산화탄소(CO2)의 증가가 온실효과를 초래할 수 있다는 가설을 제시했으나, 이 가설은 과학자사회에서 중요하게 받아들여지지 않았다. 그러던 중 1938년에 영국의 증기기관 엔지니어였던 칼렌더(Guy Stewart Callendar)는 왕립기상학회(the Royal Meteorological Society)에서 통계를 토대로 지구의 온도가 올라가고 있으며, 이는 인간의 산업활동으로 이산화탄소의 배출이 증가한 것에 기인한다고 주장했다. 이후 칼렌더 등의 주장에 자극을 받은 과학자들은 기술적 방법론과 계산방식을 개선하면서 지구온난화에 관한 연구를 본격적으로 수행했다. 이와 같은 노력으로 1978년도에 세계기상기구(World Meteorological Organization)의 주관으로 비엔나에서 개최된 국제기후문제워크숍(International Workshop on Climate Issues)에서는 이산화탄소의 증가가 장기간 지구차원의 기후변화에 중요한 영향을 끼칠 것이 '명백한 가능성'(clear possibility)을 보인다는 합의에 이르게 되었다. 이후 현재까지 지구온난화가 널리 받아들여지게 된 과정에서 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)[22]의 존재와 역할은 매우 중요했다. IPCC는 1988년에 WMO와 국제연합 산하 환경기구들이 만든 정부간 협의체로서 기존의 다른 기후 관련 협의체들과 달리 세계 각국의 정부대표들이 참여하였다. IPCC는 기본적으로 토론과 합의를 거쳐 결론을 도출하는 방식으로 운영되어왔다. 이러한 방식 때문에 합의를 도출하는 과정 자체가 힘겨울 뿐만 아니라, 때로는 합의를 도출하기 위해 정치적인 타협과 수사가 동원되기도 했다. IPCC는 여러 차례의 회의와 보고서 작업을 통해 2007년에 발표한 IPCC 제4차 평가 보고서에서 지구온난화에 대한 인간의 책임성을 '매우 높다'(very likely)고 최종적으로 결론을 내렸는데, 이는 90~99%의 확실성을 의미하는 것이었다.[23]

---

21) Robert M. Friedman, *Appropriating the Weather: Vilhelm Bjerkens and the Construction of a Modern Meteorology*, Cornell University Press, 1989, pp. 97-118.

22) IPCC는 과학기술자뿐 아니라 정부관료, 사회운동가 등 다양하고 이질적인 배경을 지닌 전문가들로 구성되었으며, 규모면에서도 수 천 명으로 이루어진 대규모 집단이다. 불확실성이 매우 큰 지구온난화 문제에 대해 소위 핵심 과학자 그룹만이 아닌 대규모의 혼종적인 합의체 구성을 통해 문제를 해결하려는 것은, 앞서 살펴 본 펀토비츠와 라베츠의 '확장된 동료 공동체'를 통한 '탈정상과학'적 문제해결 방식으로도 이해할 수 있다.

23) Spencer R. Weart, *The Discovery of Global Warming*, revised and expanded edition, Harvard University Press, 2008. 이 책에 대한 서평 논문인 김병수, "How Did the Global Warming Be Accepted?", 『과학기술학연구』, vol. 9, no. 1, 2009, pp. 135-142를 요약함.

3. 예측의 사회적 맥락

이상에서의 논의는 대체로 전통적인 과학 분야를 대상으로 논의를 전개하였다. 과학 분야의 예측에서도 다양한 사회적 맥락이 존재하지만, 최근 STS 연구자들은 기술에 대한 기대와 예측에 많은 관심을 보여왔다. 그렇다면 과연 기술은 예측이 가능한가? 이 질문에 대해 기술사가인 나이(Nye)는 기술이 결정적이지도 예측가능하지도 않다고 주장한다. 기술의 미래에 대해 예측하는 전문가는 많았지만, 그들의 예측결과는 실제로 현실과 부합하지 않은 경우가 대부분이었다. 기술의 예측이 어려운 이유는 경제상황이 안정적이지 않고 불확실성이 높을 뿐 아니라, 기술의 발전을 시장이 주도하는 경우가 많기 때문이다. 커뮤니케이션 관련 역사상 4대 발명품으로 언급되는 전신, 전화, 축음기 및 개인 컴퓨터는 초기에 그 가치가 제대로 알려지지 못 했다. 설사 신기술의 가능성과 시장성을 예측할 수 있다 하더라도, 사람들은 그것이 어떻게 사용될 것인지 예측하는 것 자체가 쉽지 않다. 기술은 단순히 기계들의 체계가 아닌 사회적인 세계에 대한 하나의 표현이며, 외부로부터 온 사물(things)이나 충격(impact)이 아니라 사회적 맥락에 따라 형성된 내적 발전 그 자체이다. 즉 기술은 독립적으로 존재할 수 없으며, 인간 삶의 연장이라는 것이다.[24] 반도체 집적회로의 성능이 18개월마다 2배로 증가한다는 이른바 '무어(Gordon Moore)의 법칙'(1968)은 경험적으로 실현되는 듯이 보였다. 하지만 이러한 현상은 일찌감치 머턴(Robert K. Merton, 1948)이 은행 파산 소문을 접한 예금주들이 대량으로 예금을 인출함에 따라 실제로 은행이 파산한다는 뱅크런(bank run) 현상을 두고 언급한 '자기실현적 예언'(self-fulfilling prophecy) 측면으로 이해할 수 있는 것이다.[25]

물론 기술의 발전경로를 예측하는 것은 매우 어려운 작업이다. 예측하지 못 한 결과가 예측하지 못 한 사회변화를 초래하고, 이런 사회적 변화는 다시 새로운 기술이 발생하게 되는 배경이 되기도 한다. 이러한 측면은 기술과 사회가 서로 공동구성(co-production)하고 공진화(co-evolution)한다는 관점으로 해석할 수 있다. 하지만 이런 관점은 기술결정론(technological determinism)을 극복하는 데에는 의의가 있을지언정 정작 기술의 예측가능성 여부에 대한 질문에 본질적인 해답을 제공해주지는 못 한다는 한계가 있다.[26]

로젠버그(Nathan Rosenberg)는 기술혁신 속도가 빠르게 진행될 것으로 예상될 때, 신기술의 채택이 더디게 이뤄진다는 점에 주목했다. 도입하려는 기술이 얼마 지나지 않아 다른 신기술에 의해 진부화될 것으로 예상된다면, 기업 입장에서 굳이 급하게 신기술을 채택할 이유가 없다. 이는 결국 기술혁신의 속도와 유인을 떨어뜨리게 하는 다소 역설적인 결과를 초래한다는 것이다. 여기서 로젠버그가 주목한 것은 바로 기술에 대한 미래의 '예상'(expectation)이다. 기술혁신과 기술채택 진행과정에서 이러한 예상의 중요성에 대해 학계가 거의 주목을 하지 않던 1970년대에 그는 예상의 중요성을 강조했던 것이다.[27]

---

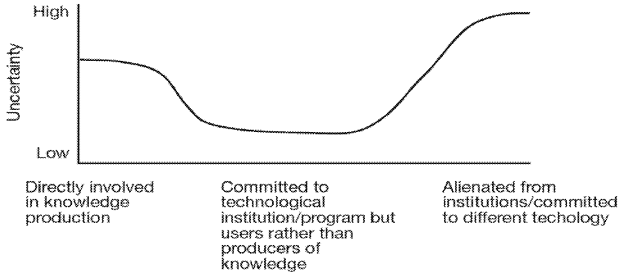
24) David E. Nye(2006), pp. 33-47.

25) Harro van Lente, "Navigating foresight in a sea of expectations: lessons from the sociology of expectations," *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 24, No. 8, September 2012, p. 773.

26) 홍성욱, "기술결정론과 그 비판자들: 기술과 사회변화의 관계를 통해 본 20세기 기술사 서술 방법론의 변화", 『서양사연구』 제49집, 2013, p. 19.

27) Nathan Rosenberg, *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1982 [이근 외 역, 『인사이드 더 블랙박스: 기술혁신과 경제적 분석』, 아카넷, 2001], pp. 158-181. 기존 논문(*Economic Journal* 86(September, 1976), pp. 523-535)을 <제5장 기술에 대한 예

기술의 미래와 예상은 달리 표현하자면 기술의 불확실성 측면에서 논의할 수 있다. STS 학자인 맥켄지(Donald Mackenzie)는 그의 책 <Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance>에서 냉전시기에 미사일 유도장치 기술이 구성되는 과정을 보여주었는데, 여기서 이해관계 집단의 기술에 대한 확실성의 정도를 '확실성의 골짜기'(the certainty trough)이라 명명한 그래프(<그림 1> 참조)를 통해 보여주었다. 맥켄지가 '확실성의 골짜기'을 통해 보여주려는 것은, 기술(지식)의 생산자들은 기술의 미시적인 부분까지 잘 알고 있기 때문에 기술의 불확실성을 높은 수준으로 인식하는 반면, 해당 기술의 사용자인 이해관계자들은 기술의 희망적인 미래에 집중하게 되어 불확실성을 상대적으로 낮게 인식한다는 것이다. 물론 해당기술과의 거리가 더욱 떨어진 그룹에서는 그 어느 그룹보다도 불확실성 정도를 높게 인식하게 된다.[28]



<그림 1> 확실성의 골짜기

(출처: Naubahar Sharif, "Exploiting Uncertainty and Ambiguity in Policymaking: Hong Kong and Investment in the Peral River Delta Region," *TECNOSCIENZA* 4(2), 2013, p. 6에서 재인용)

최근에는 STS 연구자들이 이러한 기대의 중요성에 천착하여 이른바 '기대의 사회학'(sociology of expectations)이라는 연구분야를 개척해왔다. 이 분야의 초창기에 이론적 토대를 제공한 반 렌트(Harro van Lente)에 따르면, 기술의 혁신과 발전과정을 이해하기 위해서는 인공물(artefacts), 행위자(actors), 어젠다(agenda)로 구성되는 삼각 축을 이해해야 한다. 어젠다 연구, 즉 기술에 대한 기대와 전망(expectations and promises)에 관한 연구는 그간 STS 연구에서 인공물과 행위자에 관한 연구에 비해 상대적으로 부족했다. 하지만 기술에 대한 기대와 전망은 단순히 '행위자'에 종속된 아이디어 차원이 아니며, 기술예측 그 자체가 기술혁신 분야에서 중요한 연구대상으로 주목되고 있다.[29]

STS 분야에서 예측에 대한 연구는 다양한 접근방식과 주제를 통해 이뤄졌는데, 앞서 언급한 기대(van Lente, 1993; Brown & Michael, 2003; Selin, 2007 등), 비전의 공유(Grunwald, 2004; Meyer & Kuusi, 2004), 미래의 상상(Fujimura, 2003), 비가역성의 부상(van Merkerk

---

상>에 재수록함.

28) Donald Mackenzie, *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*, Cambridge, MA: MIT Press, 1990, pp. 370-372.

29) Harro van Lente, *Promising Technology: The Dynamics of Expectations in Technological Development*, PhD. Thesis, University of Twente, 1993, pp. 1-41.

& van Lente, 2005) 등 다양한 주제의 연구가 수행되었다.[30] 이 중에서 멀커크(Rutger O. van Merkerk)를 중심으로 발전시켜온 '비가역성'(irreversibilities) 개념은 불확실한 상황 속에서 신기술이 돌이킬 수 없는 발전경로에 이르는 상황을 의미한다. 비가역성의 부상 정도를 판단할 수 있는 지표로는 신기술에 관하여 저널에서의 관심도 증가, 특정 분야의 저널 부상, 컨퍼런스에서의 관심도 증가, 선진국에서의 연구 프로그램 부상 등을 예로 들 수 있다.[31]

기대의 사회학에서 이론적 토대로 삼는 '기대의 문화지형'(cultural matrix of expectations) 분석 개념은 벨트와 립(Van den Belt & Arie Rip, 1987)과 리서(Rémy Risser, 1988)의 논의에서 발전시킨 것으로, 기대가 어떤 수준에서 공유되고 안정화되며, 전문가 조직이나 사회 전체에 내재하는 지를 분석하는 것이다. 이러한 문화지형은 '기대의 동학'(dynamics of expectations)과도 연관되는데, 기술의 기대에 따른 경쟁자의 추종(bandwagon)이나 딜레마적 상황(prisoner's dilemma) 및 자기충족적 예언(self-fulfilling prophecy)에 따른 현상들을 설명할 수 있다. 아울러 비행기 엔진이 프로펠러에서 터보젯 엔진으로 변화하는 과정에서 콘스탄트(Edward Constant, 1980)[32]가 언급한 '추정적 변칙'(presumptive anomaly) 또한 '기대된 변칙'(expected anomaly)로 이해할 수 있다. 반 렌트는 인지(cognition), 행위 인도(action-guiding) 및 정당화(legitimation) 관점에서 기대의 동학을 이해할 수 있으며, 기대의 문화지형이야말로 과학기술의 지적·사회적 접점(intellectual and social interface)이라고 한다. 그는 기대의 역할에 대해서, 거시수준에서는 정부정책이나 연구후원 측면으로, 중간 수준에서는 섹터와 혁신 네트워크 측면에서, 미시 수준에서는 과학기술자 및 연구자 집단 측면에서 자원을 동원(mobilizing resources)하는 중심 역할을 한다고 주장했다.[33]

2000년대에 들어 기대의 사회학에 대한 논의는 본격화되었는데, 2001년 4S(Society for the Social Study of Science)가 "미래 만들기"(*Fashioning the Future*)를 주제로 학회를 개최했고, 브라운과 마이클(Nik Brown & Mike Michael)은 여기서 기대의 사회학에 대한 논문을 발표했다. 이는 다시 2003년 *Technology Analysis & Strategic Management*에 발표되었는데, 이 학술지는 이후에도 다른 학자들이 기대의 사회학을 주제로 작성한 논문을 다수 게재하였다. 브라운과 마이클은 '해석적 유연성'(interpretative flexibility) 개념을 응용한 '해석적 기록물'(interpretative registers)로서 미래에 대한 기대를 접근한다. 이들은 미래에 대한 기대를 구분하여, 과거에 있었던 미래에 대한 기대를 '회고하는 전망'(retrospecting prospects)과 이러한 전망들이 현재 실시간으로 어떻게 배치되고 미래를 구성하는지에 대한 '전망하는 회

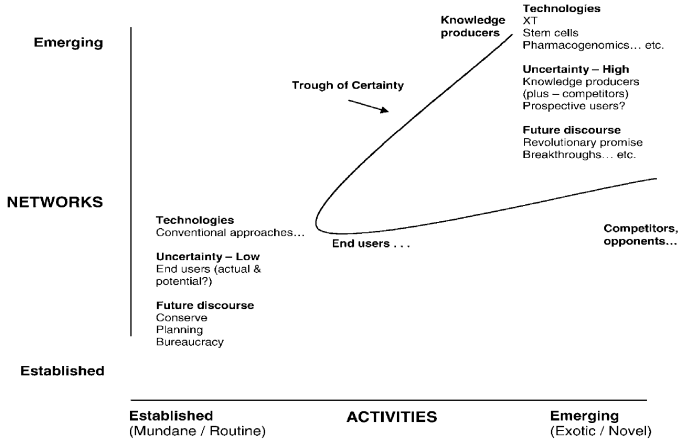
30) Daniel Barben, Erik Fisher, Cynthia Selin and David H. Guston, "Anticipatory Governance of Nanotechnology: Foresight, Engagement, and Integration," Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch and Judy Wajcman (eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, Third edition, The MIT Press: Cambridge & London, 2008, p. 985 참조.

31) Rutger O. van Merkerk and Harro van Lente, "Tracing emerging irreversibilities in emerging technologies: The case of nanotubes," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 72, Issue 9, November 2005, pp. 1094-1111; Rutger O. van Merkerk and Douglas K. R. Robinson, "Characterizing the Emergence of a Technological Field: Expectations, Agendas and Networks in Lab-on-a-chip Technologies," *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 18, Nos. 3/4, July-September 2006, pp. 411-428.

32) 콘스탄트는 새로운 기술패러다임이 형성되고 수용되는 과정에서 경제학, 특허, 가치나 규범과 같은 문화 등 비과학적인(nonscientific) 요소의 중요성을 인정했지만, 그의 기술혁신 모델에서 이러한 요소들이 구체적으로 어떻게 작동하는가를 제시하지는 않았다. Govindal Parayil, *Conceptualizing Technological Change: Theoretical and Empirical Explorations*, Roman & Littlefield Publishers, 1999, pp. 29-31 참조.

33) van Lente(1993), pp. 49-52.

고'(prospecting retrospects)로 나누어 분석하였다. 이들은 맥켄지의 '확실성의 골짜기'를 인용하면서 아래 그림과 같이 네트워크와 활동 상태를 양대 축으로 할 때 행위자들의 기술에 대한 불확실성이 변화하는 양상을 제시하였다.[34]



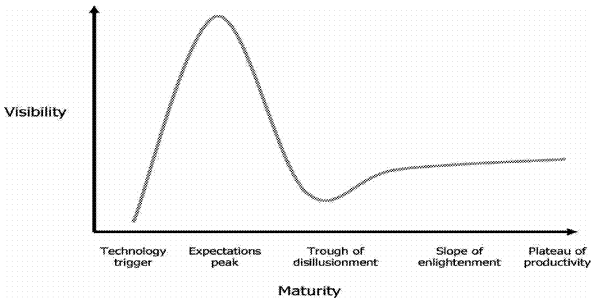
<그림 2> 기대 모델(Modelling Expectations)

(출처: Brown & Michael(2003), p. 15)

브라운과 반 렌트 등(Mads Borup, Nik Brown, Kornelia Konrad & Harro van Lente)은 기존의 논의들을 정리하여 2006년에 같은 학술지에 과학기술에서의 기대의 사회학에 대해 논문을 발표했다.[35] 저자들은 기대가 '앞으로 내다보는 상태'인 것에 비해, '기술적 기대'(technological expectations)는 '미래의 기술적 전망과 비전(promises and visions)에 대한 실시간(real-time) 표현'으로 정의내릴 수 있으며, '기술적 전망과 비전'은 기대보다는 상위 수준의 규범적 성격을 가진다고 한다. 1960년대 경제학에서의 '합리적 기대'(rational expectations) 접근은 기대와 실재의 차이로 변동(fluctuations)이 발생하는 것에 비하여, 기대의 사회학은 기대가 실재를 구성하는 측면에서 구성주의적(constructivist)이고 실재적(real)이라고 할 수 있다. 이 논문에서는 기존 '확실성의 골짜기'를 응용하여 가트너 자문회사의 하이프 사이클(hype cycle)을 소개하는데, 아래의 그림과 같이 기술의 초창기를 벗어나 기대가 과장되는 단계를 거쳐 기술에 대한 거품이 가라앉은 후 성숙기에 들어서면서 재조명되는 전체 흐름 속에서 시장에서의 관심도(visibility) 변화를 보여준다.

34) Nik Brown & Mike Michael. "A Sociology of Expectations: Retrospecting Prospects and Prospecting Retrospects," *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 15, No. 1, 2003, pp. 3-18.

35) Mads Borup, Nik Brown, Kornelia Konrad and Harro van Lente. "The Sociology of Expectations in Science and Technology," *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 18, Nos. 3/4, July-September 2006, pp. 285-298.



<그림 3> 가트너 자문회사의 하이프 사이클(Hype Cycle)

(출처: Borup et al.(2006), p. 291)

기술발전과정에서 기대의 역할을 중시하는 것은 행위자-연결망이론(Actor-Network Theory, ANT) 측면에서도 이해될 수 있다. 기대가 기술발전을 구성하는 과정은 매우 혼종적인(heterogeneous) 요소가 상호 연결되기 때문이다. 예컨대 미래에 대한 가능성과 전망에 대한 기대는 문자(texts, statements, script)로 기록되어, 이의 대변인(spokesperson)을 통해 다른 행위자와 연계(linkage)되고 배열(alignment)된다. 스크립트(script)는 인공물 수준에서는 기술의 사양(specification)을, 시스템 수준에서는 기술의 기능요건(functional requirement)을, 사회 수준에서는 시나리오(scenario) 형식을 취함으로써 기술을 추동하는 어젠다(agenda)를 형성하게 된다.[36]

셀린(Cynthia Selin)은 나노기술의 발전과정을 전통적인 ANT 방식으로 해석하였는데, 나노기술이 부상하기 전부터 나노기술에 대한 기대와 전망이 비전(vision)으로 기입(inscription)되고 행위 프로그램(program of action)으로 작용하여 추종, 저항, 수정되는(followed, resisted, or modified) 등의 단계를 거치면서 발전하는 과정을 보여주었다. 나노기술은 1959년 파인만(Richard Feynman)의 아이디어를 바탕으로 한 것이며, 이 용어는 타니구치(Norio Taniguchi)가 1974년에 처음 사용하였다. 나노기술이 본격적으로 유망기술로서 부상하기 시작한 것은 1986년 드렉셀러(K. Eric Drexler)가 쓴 책 *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*의 출간 이후다. 나노기술의 발전과정에서 드렉셀러는 무척 중요한 인물인데, 그가 나노기술에 대한 비전과 전망을 제시한 이후 나노기술의 '아바타', '그루', '메시아' 등으로 칭송되면서 이 기술의 대변인(spokesperson) 역할을 하였다. 이후 나노기술의 비전과 전망은 새로운 실험실, 정부의 연구지원, 국제 연구 네트워크 형성 등의 방식으로 동원(mobilization)되었다. 여기서 흥미로운 사실은 정작 핵심 과학기술자 공동체에서는 그를 공학자(technologist)가 아닌 소설(science fiction)을 쓴 미래학자(futurist)로 취급했다는 점이다.[37] *Scientific American, Science, Nature* 등 유력 학술지에는 그를 비판하는 논문들이 실렸다. 셀린은 과학기술자 공동체와 드렉셀러 그룹이 이러한 간극을 좁혀가는 과정을 번역

36) van Lente(1993), pp. 212-215.

37) 과학자들은 "진정한 과학자(real scientists)는 실험실에서 진정한 연구(real work in the laboratory)를 수행"하기 때문에 드렉셀러의 장기적인 비전을 생각할 시간과 인내심을 가지고 있지 않다는 것이었는데, 이와 같은 핵심 과학자들과 드렉셀러 그룹 간의 갈등은 쿤(Kuhn)이 언급한 과학 연구자들의 본질적 긴장(essential tension)을 떠올리게 하는 대목이다. Thomas S. Kuhn, *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, The University of Chicago Press, 1979 참조.

(translation)과정으로 해석했다. 드렉셀러는 자신의 견해를 뒷받침하기 위해 새로운 실험 연구, 컴퓨터 시뮬레이션, 그래픽 재현 등을 수행했으며, 2003년 논문을 통해 자신의 나노봇(nanobot) 비전이 파인만의 비전에서 이탈한 것이 아닌, 연장선 상에 있는 것임을 밝히기도 했다. 나노기술의 발전과정 속에서 드렉셀러의 비전은 온전하게 번역되었다기보다는, 수용되고 재협상되면서 작용한 것이다.[38]

4. 예측 연구의 확장

예측 분야는 20세기에 들어 대중적으로 미래에 대한 관심이 증대함에 따라 독자적인 영역을 구축해왔다. 미래학자로 잘 알려진 토플러(Alvin Toffler)도 이렇게 미래에 대한 대중적인 관심이 증대하는 사회 분위기에서 성공한 사례로 볼 수 있다. 하지만 『미래쇼크』, 『제3의 물결』, 『권력이동』, 『부의 미래』 등 토플러의 연구들은 과학사가나 과학철학자들이 관심 갖는 역사 발전의 동인에 대한 근본적인 부분보다는, 우리가 처한 상황을 분석하고 대처방안을 제시하는 데 치중해왔다.[39] 보다 과학기술적인 측면에서 미래연구를 수행해 온 리프킨(Jeremy Rifkin)은 그간 『엔트로피』, 『노동의 종말』, 『소유의 종말』, 『바이오테크 시대』, 『수소혁명』, 『3차 산업혁명』, 『한계비용 제로 사회』 등의 저서를 통해 과학기술의 발전이 경제, 사회, 환경 등에 미치는 영향에 대해 통찰력을 보여주고 있다. 리프킨의 그의 저서들을 통해 에너지 측면의 중앙집중형 화석연료 시대가 종말에 직면하였으며, 신재생에너지를 이용하는 분산형 시스템으로의 전환이 필요하다는 일관된 주장을 펼치고 있다.

일반적으로 예측 분야의 선구자로서 다수의 학자들이 언급되지만, 여기서는 사회학자였던 길필란(S. Colum Gilfilan)을 소개하려 한다. 그는 1950년대에 기술변화의 예측에 관한 논문에서 사람들이 기술 발명을 예측할 때에는 논리적 및 과학적인 방식으로 접근해야 하며, 낙관주의(optimism)나 선전(propaganda) 및 유행(fashion) 또는 모방(imitation)을 배격해야 한다고 주장한 바 있다.[40] 또한 그는 다른 글에서 로저 베이컨(Roger Bacon)의 잠수함 등에 대한 13세기의 진술로부터 콩도르세(Marquis de Condorcet)를 거쳐 1900년대 초 웰즈(H. G. Wells) 등 역사 속의 주요 예언자들(predictors)의 예언과 내용 및 결과 등을 종합적으로 분석하기도 했다.[41]

길필란 등의 예측에 관한 연구를 토대로 1950년대 후반부터 미국의 국방부문에서 RAND 연구소를 중심으로 기술예측(technology forecasting) 연구가 두드러졌는데, RAND 연구소는 델파이 조사기법과 시나리오 분석과 같은 기술예측의 주요 도구들을 개발했다. 1960년대에는 미국 해군과 공군에 의해 대규모의 예측활동이 수행되었으며, 민간 기업에서도 이루어졌다. 1970년부터는 일본 정부가 향후 30년의 과학기술 미래에 대한 예측조사를 실시하면서, 이후 각국별로 예측활동이 활발히 수행되었다.[42]

---

38) Cynthia Selin. "Expectations and the Emergence of Nanotechnology," *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 32, No. 2, March 2007, pp. 196-220.

39) 손화철, 『토플러 & 엘륄: 현대기술의 빛과 그림자』, 김영사, 2006.

40) S. C. Gilfillan, "The Prediction of Technical Change," *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 34, No. 4, Nov. 1952, pp. 368-385.

41) S. C. Gilfillan, "A Sociologist Looks at Technical Prediction," in Bright, James R. (ed.), *Technological Forecasting for Industry and Government: Methods and Applications*, Prentice-Hall, 1968, pp. 3-34.

42) UNIDO, *UNIDO Technology Foresight Manual Volume 1: Organization and Methods*, 2005, pp.

예측 연구는 비교적 최근 형성된 미래학 분야(future studies, futures studies, futurology 등)에서 활발하게 수행되었다. 하지만 예측 방법론은 비단 미래학 분야만의 전유물이라 볼 수 없으며, 정책학, 사회학, STS 등 다양한 분야에서 직·간접적인 연구 대상이 되어왔다. 최근 미래 연구에서는 예측과 관련하여 foresight라는 용어를 더 많이 사용하는데, 앞서 살펴본 prediction, forecast 등과 차별하기 위해 여기서는 foresight를 '미래예측'으로 번역하여 사용할 것이다. 미래예측(foresight)의 정의는 학자들마다 다양하게 시도되었지만, 비교적 최근에 쉔(A. Schoen) 등이 정의한 바에 의하면 다음과 같다.

> 미래예측은 혁신체계와 그 부분에서 역량 제고를 목적으로 하는 체계적인 도구로 성격지을 수 있다. 미래예측 활동은 유망기술의 발전경로를 확인할 뿐 아니라 관련된 이해관계자들을 개입시키고 실행을 위한 공유 비전을 창출하기 위한 기능으로 보인다.[43]

이와 같은 미래예측의 정의는 이전의 다른 시도와 대동소이한데, 특히 '체계적', '참여적', '비전 수립', '실행' 등의 주제어가 포함된다는 측면에서 그러하다. 미래예측이란 용어는 1990년대 이후에 들어서 사용량이 폭발적으로 증대되었는데, 이전에 사용되었던 예측(forecasting), 탐색(scanning), 전략분석(strategy analysis) 및 전망(prospectives) 등으로 불리던 활동들이 미래예측이란 명칭으로 바뀌어 사용되기도 한다.[44] 미래예측(foresight)은 미래가 어떻게 펼쳐질 것인지에 대한 전제가 더욱 고정되는 경향이 있는 예측(forecasting)과 혼동되어서는 안 된다. 아울러 미래예측은 미래를 예견(predict)하는 것을 추구하지 않는다. 대신에 이해관계자들과 공유할 수 있는 비전을 창조(create)하는 것을 추구한다.[45]

미래예측 방법론으로는 전통적인 델파이조사(the Delphi survey), 외삽법(extrapoliation) 등이 있으나, 여기서는 최근에 많이 사용되는 시나리오(scenario) 기법과 백캐스팅(backcsting) 기법을 소개한다. 먼저 시나리오의 개념은 1950년대에 RAND 연구소의 칸(Herman Kahn)이 미래의 불확실성 문제에 대응하기 위한 방편으로 고안한 것인데, 시나리오 플래닝의 궁극적인 목표는 다양한 경우의 수 중에서 유용한 의사결정을 지원하는 것이다. 이러한 시나리오의 성격은 미래학자인 피터 슈워츠(Peter Schwartz)가 "시나리오는 예측이 아닌, 여러 가지 선택을 시험하기 위한 도구"라고 언급한 것에 잘 나타나 있다.[46] 시나리오 플래닝(scenario planning)의 창시자인 웩(P. Wack)은 급속한 변화와 복잡성이 증가하는 상황에서 시나리오적 접근법은 다른 것(difference)를 만드는 지렛대 역할을 한다고 주장했는데, 이러한 '다른 것'은 미래에 대한 재해석을 통해 현재에서 더 나은 결정을 내릴 수 있다는 의미에서 중요하다.[47]

시나리오 기법이 다양한 미래를 설정하여 불확실성을 해소하고자 하는 방법이라면, 바람직한 미래를 사전에 설정하고 미래시점에서 성찰적인 접근방식으로 미래로부터 현재시점까지 되짚어보는 것은 백캐스팅 기법이다. 백캐스팅은 글자 그대로 미래로부터 과거를 되돌아

10-11.

43) A. Scheon, T. Könnölä, P. Warnke, R. Barré, and S. Kuhlmann, "Tailoring foresight to field specificities," *Futures* 43, no. 3, 2011, p. 235. Harro van Lente(2012), p. 770에서 재인용.

44) Juke Georghiou, Jennifer Cassingena Harper, Michael Keenan, Ian Miles and Rafael Popper (eds.). *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice*, Edward Elgar, 2008, p. 8.

45) UNIDO(2005), p. 9.

46) Dan Gardner(2010), pp. 202-203.

47) Cynthia Selin, "The Sociology of the Future: Tracing Stories of Technology and Time," *Sociology Compass* 2/6, 2008, pp. 1884-1885.

본다는 것을 의미한다. 현재에서 미래를 내다보는 forecasting과 반대로, 미래에서 현재를 되돌아본다는 것이다. 방법론 상으로는 바람직한 미래(desired future)를 먼저 설정한 다음에, 그에 이르기까지 단계별 미래상을 그리면서 해야 할 것과 회피해야 할 것에 대한 의사결정을 내리게 된다. 백캐스팅은 1970년대 에너지 연구에서 파생한 것으로, 이전에는 '규범적 예측'(normative forecasting)으로 일컬어졌던 것이다. 이러한 백캐스팅의 당위적인 미래 설정 측면이 일반적인 예측이나 시나리오 기법과 차별화되는 부분이다.[48]

이상에서 살펴 본 시나리오나 백캐스팅 기법 등 대표적인 미래예측 방법론은 STS에서 친근한 주제인 '구성적', '성찰적', '해석적 유연성' 등의 주제어를 공유하고 있음을 알 수 있다. 따라서 STS 연구와 미래예측 연구 상호 간 유용한 함의가 존재할 수 있다. 일례로 반 렌트는 STS 연구, 즉 기대의 사회학 연구가 미래예측 방법론에 제공할 수 있는 함의를 우선순위 설정(priority-setting), 네트워킹(networking), 비전 수립(building vision) 등 세 가지 측면으로 제시하였다. 이를 요약하자면, 기대의 사회학이 선택된 우선순위에 정당성을 제공해 줄 수 있고, 이해관계자 참여를 통해 구성된 네트워크는 기존의 비전을 촉진하는 역할을 하며, 수립된 비전들은 자기충족적으로 작동하지만 때로는 의도하지 않은 결과를 초래할 수 있다는 교훈을 제공한다는 것이다.[49]

5. 마무리 글

그간 STS 분야의 예측 연구는 대체로 단일한 미래가 아닌 다원적인(pluralistic) 인식론을 토대로 기술과 사회의 혼종적인(heterogeneous) 생산이 이루어지는 관점에서 수행되었다. 이러한 STS적 예측 연구는 사회시스템에서의 성찰성(reflexivity)을 강조하고 '만들어지는 미래'(futures-in-the-making)를 보여주는 것을 주요 특징으로 한다.[50] 최근 다양한 사례 연구를 통해 연구의 저변이 확대되고 있는 기대의 사회학 분야도 STS 연구의 연장선 상에서 수행되고 있다. 하지만 기대는 연구자들에게 명시적으로 무엇을 해야 할지를 알려주지 않을 뿐만 아니라 경로와 선택지를 제시할 뿐이며, 기대를 기반으로 한 연구결과물은 카드로 지은 집과 같이 매우 취약하다는 약점이 있다.[51]

때로는 미래의 기대에 대한 '과욕'이 엉뚱한 연구결과를 초래하기도 한다. 일례로 키핀과 윈(B. Keepin & B. Wynne)은 오스트리아의 국제응용시스템분석연구소(IIASA)에서 발표한 세계 미래 에너지 소비양상 예측이 원자력 및 화석연료 에너지 생산자에게 유리한 방향으로 치우쳐 있었음을 비판한 논문을 1984년 *Nature*에 발표했다.[52] 불확실한 미래에 대해 예측하는 것은 근본적으로 책임성 소재의 문제에서 상대적으로 자유롭기 때문에, 연구자가 '곡학아세'를 하게 될 개연성이 높아질 수 있음을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 미래 연구는 양적인 측면에서나 질적인 측면에서 매우 확장일로에 있으며, 앞서 살펴 본 바와 같이 미래에 대한 STS적 접근방식의 연구도 다양하게 수행되고 있다.

---

48) Jaco Quist, *Backcasting for a Sustainable Future: The Impact after 10 years*, Eburon Academic Publishers, 2007, p. 11.
49) van Lente(2012), pp. 777-779.
50) Daniel Barben et al. (2008), p. 986.
51) van Lente(1993), p. 77.
52) B. Keepin and B. Wynne, "Technical analysis of IIASA energy scenarios," *Nature* 312, 1984, pp. 691-695.

나노기술 사례를 통해 전통적인 ANT 방식으로 비전과 전망이 어떻게 작용했는지를 보여준 셀린은 STS 연구와 기대의 사회학 분야에서 공통적으로 흥미를 가질 만한 주제들을 제시한다. "미래 비전은 어떻게 기술발전에 영향을 미치는가?", "잠재력(potential)은 새롭게 편재하는 나노기술 영역의 형성에 어떤 역할을 하는가", "미래지향적 이야기(futuristic story)는 어떻게 정당화되고 어떤 영향을 미치는가?", "불확실성에 직면하여 책임있는 거버넌스를 고취하기 위해 미래는 어떤 방식으로 채용될 수 있는가?", "사회과학이 미래시제 영역으로 넘어가는 것에 대한 위험은 무엇인가?" 등이 그것이다. 셀린은 한 걸음 더 나아가 STS와 미래예측 연구의 결합을 통해 미래 의식을 이해하고 탐구하기 위한 새로운 연구 영역으로서 '미래의 사회학'(sociology of the future)이 필요하다고 주장한다.[53]

서두에서 인용한 가버를 다시 상기하면서 글을 마무리하고자 한다. "미래는 예측될 수 없으며, 다만 복수의 미래가 만들어질 수 있다." 이를 기술의 발전과정 측면에서 재해석한다면, 기술의 미래를 예측하는 것은 불가능하며 다만 복수의 기술적 가능성을 만들어갈 수 있을 뿐이다. 만들어지는 미래(future-in-the-making)를 기술하는 데 STS 연구는 매우 유용한 지적 전통을 공유하고 있다. 앞으로 '미래', '예측', '기대', '불확실성', '성찰성' 등 관련 주제에 대한 STS적 접근방식의 후속 연구들을 통해 우리의 미래와 현재에 관한 논의가 더욱 풍성해질 것을 기대해 본다.

53) Cynthia Selin(2008), pp. 1878-1895.

참고문헌

Almond, Gabriel A. and Stephen J. Genco. "Clouds, Clocks, and the Study of Politics," *World Politics* 29, No. 4, 1977, pp. 489-522.

Anderson, Katharine. *Predicting the Weather: Victorians and the Science of Meteorology*, The University of Chicago Press, 2005.

Barben, Daniel, Erik Fisher, Cynthia Selin and David H. Guston. "Anticipatory Governance of Nanotechnology: Foresight, Engagement, and Integration," Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch and Judy Wajcman (eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, Third edition, The MIT Press: Cambridge & London, 2008.

Borup, Mads, Nik Brown, Kornelia Konrad and Harro van Lente. "The Sociology of Expectations in Science and Technology," *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 18, Nos. 3/4, July-September 2006, pp. 285-298.

Bright, James R. (ed.), *Technological Forecasting for Industry and Government: Methods and Applications*, Prentice-Hall, 1968.

Brown, Nik & Mike Michael. "A Sociology of Expectations: Retrospecting Prospects and Prospecting Retrospects," *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 15, No. 1, 2003, pp. 3-18.

Friedman, Robert M. *Appropriating the Weather: Vilhelm Bjerkens and the Construction of a Modern Meteorology*, Cornell University Press, 1989.

Funtowicz. Silvio O. and Jerome R. Ravetz. "Science for the Post-Normal Age," *Futures* Vol. 25, Issue 7, September 1993, pp. 739 - 755.

Gardner, Dan. *Future Babble: Why Expert Predictions Fail-and Why We Believe Them Anyway*, McClelland & Stewart, 2010 [이경식 역, 『앨빈 토플러와 작별하라: 엉터리 전문가 미래 예측 열혈 추종자들의 이중 심리 파헤치기』, 생각연구소, 2011].

Georghiou, Juke, Jennifer Cassingena Harper, Michael Keenan, Ian Miles and Rafael Popper (eds.). *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice*, Edward Elgar, 2008.

Gilfillan, S. Colum. "The Prediction of Technical Change," *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 34, No. 4, Nov. 1952, pp. 368-385.

Godfrey-Smith, Peter. *Theory and Reality*, The University of Chicago, 2003 [한상기 역, 『이론과 실재: 과학철학 입문』, 서광사, 2014].

Govindal Parayil, *Conceptualizing Technological Change: Theoretical and Empirical Explorations*, Roman & Littlefield Publishers, 1999, pp. 29-31.

Hacking, Ian. *The Taming of Chance*, Cambridge University Press, 1990 [정혜경 역, 『우연을 길들이다: 통계는 어떻게 우연을 과학으로 만들었는가?』, 바다출판사, 2012].

Keepin, B., and Wynne, B. "Technical analysis of IIASA energy scenarios," *Nature* 312, 1984, pp. 691-695.

Kuhn, Thomas S. *The Structure of Scientific Revolutions: 50th Anniversary Edition*, The University of Chicago, 1962, 2012 [김명자·홍성욱 역, 『과학혁명의 구조: 출간 50주년 기념 제4판』, 까치, 2013].

Mackenzie, Donald. *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*,

Cambridge, MA: MIT Press, 1990.

Naubahar Sharif, "Exploiting Uncertainty and Ambiguity in Policymaking: Hong Kong and Investment in the Peral River Delta Region," *TECNOSCIENZA* 4(2), 2013, pp. 5-26.

Nye, David E. *Technology Matters: Questions to Live With*, The MIT Press, 2006.

Orrell, David. *Apollo's Arrow: The Science of Prediction and the Future of Everything*, HarperCollins Publishers Ltd: Toronto, 2007 [이한음 역, 『거의 모든 것의 미래: 인류의 미래에 관한 눈부신 지적 탐험』, 리더스북, 2010].

Quist, Jaco. *Backcasting for a Sustainable Future: The Impact after 10 years*, Eburon Academic Publishers, 2007.

Rosenberg, Nathan. *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1982 [이근 외 역, 『인사이드 더 블랙박스: 기술혁신과 경제적 분석』, 아카넷, 2001].

Selin, Cynthia, "The Sociology of the Future: Tracing Stories of Technology and Time," *Sociology Compass* 2/6, pp. 1878 - 1895, 2008.

Selin, Cynthia. "Expectations and the Emergence of Nanotechnology," *Science, Technology, & Human Values*, Vol. 32, No. 2, March 2007, pp. 196-220.

Silver, Nate. *The Signal and the Noise: Why So Many Predictions Fail-but Some Don't*, Penguin Books, 2012 [이경식 역, 『신호와 소음: 미래는 어떻게 당신 손에 잡히는가』, 더 퀘스트, 2014].

UNIDO, *UNIDO Technology Foresight Manual Volume 1: Organization and Methods*, 2005.

van Lente, Harro. "Navigating foresight in a sea of expectations: lessons from the sociology of expectations," *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 24, No. 8, September 2012, pp. 769-782.

van Lente, Harro. *Promising Technology: The Dynamics of Expectations in Technological Development*, PhD. Thesis, University of Twente, 1993.

van Merkerk, Rutger O. and Douglas K. R. Robinson. "Characterizing the Emergence of a Technological Field: Expectations, Agendas and Networks in Lab-on-a-chip Technologies," *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 18, Nos. 3/4, July-September 2006, pp. 411-428.

van Merkerk, Rutger O. and Harro van Lente. "Tracing emerging irreversibilities in emerging technologies: The case of nanotubes," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 72, Issue 9, November 2005, pp. 1094 - 1111.

Weart, Spencer R. *The Discovery of Global Warming*, revised and expanded edition, Harvard University Press, 2008.

강신익 외.『과학철학: 흐름과 쟁점, 그리고 확장』, 창비, 2011.

민병원, "이해할 것인가, 설명할 것인가?: 모델기반 정치학을 향하여", 『한국정치연구』 제21집 제3호, 2012, pp. 343-367.

손화철. 『토플러 & 엘륄: 현대기술의 빛과 그림자』, 김영사, 2006.

최성렬, "힉스 메커니즘 확증과 힉스입자 발견의 의미", 『물리학과 첨단기술』, 한국물리학회, December 2013, pp. 2-7.

홍성욱, "기술결정론과 그 비판자들: 기술과 사회변화의 관계를 통해 본 20세기 기술사 서술 방법론의 변화", 『서양사연구』제49집, 2013, pp. 7-39.