

과학기술철학 혹은 철학으로 과학기술 읽기



글 · 이 상 욱 / 한양대학교 철학과, 교수
e-mail · dappled@hanyang.ac.kr

이 글에서는 현대과학기술을 철학적 시각에서 이해하려는 넓은 의미의 과학기술철학에 대해 간단한 맛 보기를 제공하고자 한다.

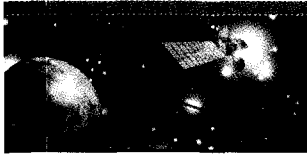
머리말 : 상식적 과학관의 한계

우리는 일상적인 대화에서 '과학적'이라는 수식어를 '믿음직한', '체계적인', '참된' 등을 의미하도록 사용하는 경우가 많다. 다른 누구보다도 광고 제작자들은 이 사실을 잘 알고 있다. 그래서 우리는 '과학적으로 설계되고 만들어진 침대' 정도로는 부족해서 아예, '침대가 아니라 과학입니다'라는 식의 광고문구에 어느덧 익숙하게 되었다. 침대를 광고하는 것이 분명한데도 침대가 아니라는 이 역설적인 주장에는 그냥 적당히(?) 나무를 깎고 용수철을 달아 침대를 만든 것이 아니라 수많은 경험적 연구와 객관적 사용 테스트를 거쳐서 가장 편안하게 잠을 잘 수 있도록 침대를 만들었음을 강조하려는 의도가 숨어있을 것이다. 이렇게 지속적 연구를 통해 신뢰할 만한 지식을 산출해내고 그에 입각해서 훌륭한 침대를 만들었다는 호소를 '과학입니다'라는 한마디로 대신할 수 있다는 사실은 우리 사회에서 과학이 신뢰받을 수 있는 지식으로 특권적 지위를 누리고 있음을 단적으로 보여준다.

그리고 물론 현대 과학(그리고 기술)은 그러한 대접을 받을 만한 특징을 가지고 있다. 현대 자연과학이 세련된 연구방법을 사

용하여 물질과 생명의 다양한 영역들을 체계적으로 탐구하고 있음은 많은 사람들이 동의할 수 있는 사실이고 이러한 탐구의 결과가 비교적 합리적인 방식으로 진행되는 논쟁을 거쳐 평가되고 정리되어 몇몇 경우에는 극적인 성공으로 이어지는 것도 사실이다. 비록 과학과 공학간의 관계가 과학을 응용한 것이 공학이라는 식의 단순한 이해로는 결코 파악될 수 없는 종류의 것이지만, 그럼에도 불구하고 과학이 세계의 관찰과 실험에 기반하여 이론적으로 탐색한 결과가 겨우 100년 전과 비교해보아도 우리 삶의 여러 측면에 진정으로 획기적인 기술적 변화를 가져왔음도 부인하기는 어렵다. 이 사실은 현재 우리가 할 수 있는 것 중 많은 것들(가령 서울에서 파리를 하루 만에 다녀오는 일 등)을 100년 전 사람들은 꿈도 꿀 수 없었다는 점에만 주목해보아도 분명하다. 그러므로 과학이 세계에 대한 풍부한 지식을 제공해준과 동시에 물질적인 면에서도 우리가 자유로울 수 있는 가능성을 제공해주고 있다는 점은 분명하다.

흔히 현대과학을 과학기술 문명이 가져온 환경오염이나 대량살상 무기의 존재와 같은 부정적인 측면의 근원으로 간주하여 그러한 문제점이 모든 것을 환원적으로 분석하여 이해하려는 과학적 사고방식의 문제점에 기

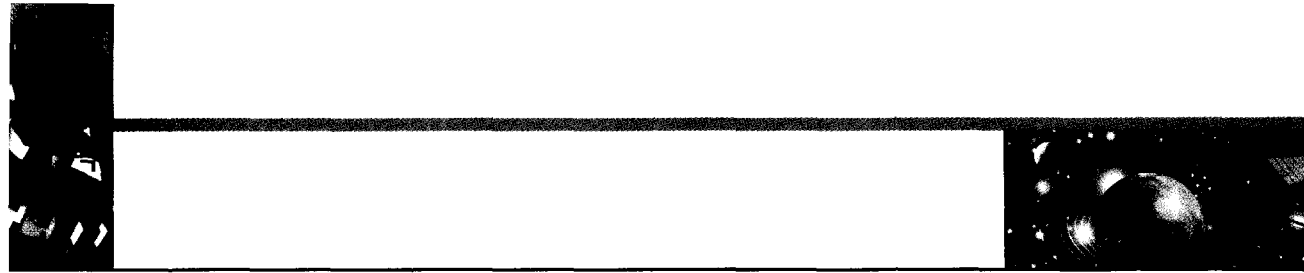


인한다고 매도하는 경향이 있다. 비록 자연에 대한 분석적 사고방식이 항상 효율적인 것도 아니고 모든 연구 주제에 적절한 것도 아니지만 분석적 방법 자체가 무조건 비판의 화살을 받아야 한다고 생각하기는 힘들다. 오히려 차분한 토론과 경험적 증거에 입각한 판단이 사회적 결정과정에서 보다 중요한 역할을 수행해야 하는 우리 사회의 현실에 비추어볼 때, 객관적 실험에 호소하고 관련 전문가들의 합의도출을 통한 합리성이 상징하는 과학적 사고방식과 문제해결 방식은 전문 과학연구를 넘어서 보다 적극적으로 한국 사회에 확산될 필요가 있다.

그럼에도 불구하고 과학을 흔히 사실에서 관찰이나 실험을 통해 엄밀하게 도출된 절대적으로 신뢰할 수 있는 지식으로 이해하려는 상식적 과학관은 여러 가지 결정적인 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점은 실제로 과학이 무엇인지를 보다 정확하게 밝히려다보면 그 일이 그다지 쉽지 않다는 데서 잘 드러난다. 우선 우리의 상식적 과학관이 과학자들이 실제 실험하고 이론을 제시하는 모습이나 과학자들이 성공적인 과학 활동으로 간주하는 역사적 사례에 대해 엄밀하게 연구된 과학사의 결과에 비추어볼 때 적절하지 않다는 점에 주목할 필요가 있다. 예를 들어, 과학자들은 종종 여러 형이상학적, 이론적 이유에서 자신들이 선호하는 이론이 설사 관찰이나 실험결과와 일치하지 않더라도 고수하려는 경향이 있다. 아인슈타인은 그 당시 최고의 실험물리학자였던 카우프만의 정밀한 실험결과가 자신의 이론과 어긋나고 대신 아브라함이라는 경쟁물리학자의 이론과 일치한다는 소식에 접하

고도 전혀 동요하지 않았다. 그에게는 역학 법칙과 전자기 이론 사이의 근본적 모순을 해결한 자신의 이론이 우월하다는 점이 너무나 명확했기 때문이다. 결국 아인슈타인이 옳고 아브라함이 틀렸다는 것이 나중에 밝혀졌다. 그러나 물론 이런 이론가의 '고집'이 항상 이렇게 행복한 결말을 갖는 것은 아니다. 그렇지만 과학자들이 종종 '명백한 경험적 증거에 반해서' 이론을 전개함으로써 성공하기도 한다는 점은 분명하다.

게다가 이러한 아인슈타인의 태도를 그의 독특한 개성의 산물이라고만 볼 수도 없다. 천왕성의 궤도는 뉴턴역학을 연구하는 학자들을 오랫동안 괴롭혀 온 문제였다. 문제는 천왕성의 궤도가 뉴턴역학에 명백하게 어긋난다는 점이 천체 관측 기술이 발전할수록 더욱더 명백해졌던 것이다. 19세기의 많은 과학자들이 이 분명한 반증사례에 근거하여 뉴턴역학을 다른 역학체계로 바꾸어야 한다고 주장했다. 그러나 뉴턴역학이 그때까지 이룩했던 눈부신 성공에 깊이 빠져있었던 수리물리학자들은 이런 '경험적 사실'에 쉽게 굴복할 수는 없었다. 그래서 1844년에 아담스라는 영국의 과학자와 1846년에 르브리에라는 프랑스의 과학자가 각각 독립적으로 이 문제를 다음과 같은 '황당한(!)' 방법으로 해결했다. 즉, 그때까지의 알려진 뉴턴역학의 예측과 천왕성의 실제궤도 사이의 차이를 정확하게 상쇄시킬 수 있는 적당한 질량을 가진 행성 하나를 우주의 적당한 위치에 하나 존재한다고 주장했던 것이다. 물론 이러한 예측이 나오기 전까지 이런 행성은 발견되지도 않았고 그런 행성이 존재하리라는 어떤 경험적 증거도 없었다. 그러



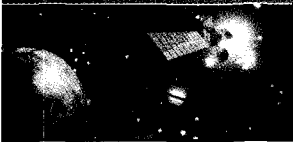
므로 이 두 사람의 행동은 상식적 과학관으로 볼 때는 억지에 가까운 것이었다. 이 두 사람이 예측했던 장소와 매우 가까운 곳에서 해왕성이 발견되자 과학자들은 뉴턴역학의 승리라며 축하를 들었다.

하지만 문제는 이런 방식으로 과학적 성공을 얻는 것이 항상 가능하지는 않다는 점이다. 예를 들어, 이미 뉴턴이 살던 시대부터 뉴턴역학이 수성이 태양에 가장 가까게 가는 지점(근일점)이 조금씩 변하는 현상을 설명할 수 없다는 사실은 잘 알려져 있었다. 르브리에에는 해왕성을 예측했던 방법을 똑같이 사용하여 수성 근일점의 이동을 설명하려고 했다. 즉, 그는 수성궤도 안쪽 적당한 지점에 수성에 적당한 인력을 작용할 수 있는 적당한 질량을 가진 행성 하나(Vulcan이라고 명명)가 존재한다고 주장했다. 그러나 물론 우리는 현재 수성 안쪽에 그런 행성이 없다는 점을 알고 있다(혹은 적어도 우리가 가진 경험적 증거는 그렇다고 말한다). 결국 뉴턴역학이 수성 근일점에 대해 가졌던 문제는 해결 불가능한 것으로 판명되었고 아인슈타인의 일반상대성이론이 등장하고서야 해결이 되었다. 이 사례에서도 알 수 있듯이 과학의 진보는 단순히 경험적 증거를 맹종해서도 혹은 이론적 근거를 절대적으로 생각해서도 보장되지 않는다. 오히려 과학 연구의 묘미는 경험적 증거와 이론적 근거 사이의 긴장과 균형을 창조적인 방식으로 유지하는 것이다.

상식적 과학관의 또 다른 문제점은 과거에 여러 경험적 증거를 통해 의심의 여지가 없는 것으로 여겨지던 많은 과학이론이 후대의 연구에 의해 잘못된 것으로 드러난 사

례가 많이 존재한다는 점이다. 18세기 화학을 풍미하던 플로지스톤 이론이나 19세기 물리학의 근간을 구성하던 에테르에 대한 이론이 대표적이다. 그러므로 경험적 증거에 의해 잘 지지된다고 하는 사실만으로는 그 이론이 의심할 여지가 없는 진리라는 보장을 해줄 수 없다. 문제의 핵심은 이런 사례들이 과학연구가 바람직하지 않게 이루어졌거나 불완전하게 이루어졌기에 결과한 것들만은 아니라는 점이다. 즉, 관련 과학자들이 부주의하거나 능력이 부족해서(물론 그런 경우도 있지만) 보다 좋은 과학 활동을 수행하지 못한 결과만은 아니라는 것이다. 앞의 예에서 아인슈타인의 직관은 자연에 대한 심오한 통찰을 담은 이론을 체계적으로 발전시키려면 상당한 기간 동안은 반대 실험증거를 인식하되 무시하는 것이 유용할 수 있음을 보여준다. 갈릴레오나 뉴턴과 같은 근대과학의 거장들도 자신들이 이론이 수많은 반례들에 직면하고 있음을 알고 있었지만 그럼에도 불구하고 자신들의 연구를 통해 차근차근 그 반례들을 해결하려고 노력했다. 그리고 플로지스톤 이론과 에테르 이론은 매우 성공적인 과학이라도 세계에 대해 반드시 참이라는 보장은 할 수 없음을 보여준다. 이러한 사실들은 상식적 과학관이, 비록 현실적인 과학 연구가 달성하지 못하더라도 과학 연구가 이상으로 추구해야하는 이상적 형태라기보다는 과학이 작동하는 방식과 과학이 왜 성공적일 수 있는가에 대해 지나치게 단순한 견해임을 시사한다.

물론 현장 과학자들은 이런 평가에 동의하지 않을 수 있다. 그리고 이렇게 다른 의



견을 가진 과학자일수록 자신들이 연구하는 과학에 대해 과학자 자신이 가장 잘 알고 있다고 생각하기 쉽다. 하지만 과학자는 과학을 연구하고 과학이론을 평가하는 데는 전문가이지만, 과학연구가 이루어지는 모습을 연구하고 과학 이론이 평가되는 방식을 고찰하는 데 꼭 전문가일 필요는 없다. 그 이유는 아마도 과학자는 구체적인 과학 연구가 아니라 과학 연구의 성격에 대한 종합적 고찰을 하는 것으로부터 일반적으로 아무런 보상을 받지 못하기 때문이다. 직접 법을 집행하는 판사가 법의 실제 적용되는 구체적인 상황에 대해서는 분명히 전문적인 지식을 가지고 있다. 하지만 판사는 상황의 구체성에 파묻혀서 법의 전체적인 조망을 놓치게 될 수도 있다. 그래서 법철학이나 법학이론 교수가 필요하게 된다. 역으로 법학이론 교수는 법에 대한 일반이론이 법이 실제로 이루어지는 모습과 부합하는지에 항상 주의를 기울여야 할 것이다. 이와 비슷한 관계가 현장 과학자와 과학철학자들 사이에 존재한다고 생각해 볼 수 있다.

이 글은 현대 과학기술을 철학적 시각에서 이해하려는 넓은 의미의 과학기술 철학에 대해 간단한 맛보기를 제공하고자 한다. 이 글을 통해서 과학철학적 연구와 사고가 과학기술에 대한 과학 연구자들과는 다른 각도의, 그러나 현대 과학기술의 이해에 도움이 될 수 있는 시각을 제시할 수 있음을 보여주었으면 한다. 이를 위해 2절에서는 과학철학의 역사적 전개과정을 간단하게 살펴보고 그것이 한국 사회에서 갖는 의미를 살펴본다. 그리고 3절과 4절에서는 철학으로 과학기술 읽기의 사례로 과학 교과서가

쓰여지는 독특한 방식과 '과학적'이라는 용어의 의미에 대해 살펴본다. 마지막으로 '더 읽어볼 거리'에서는 보다 본격적으로 넓은 의미의 과학철학을 음미하고자 하는 이들을 위해 몇 권의 책을 소개했다.

과학철학의 역사적 전개

과학 연구 그 자체가 아니라 그 연구 과정과 과학이론이 이해되는 방식, 사용되는 방법론 등에 대한 보다 넓은 맥락에서의 철학적 탐구의 역사는 과학의 역사만큼이나 오래되었다고 볼 수 있다. 실제로 현대에 와서 과학기술이 전문화되기 전까지는 상당히 많은 뛰어난 과학자들은 자신들의 연구 활동에 대해 비판적 거리를 유지하고 철학적인 함의를 고민해보던 훌륭한 과학철학자들이었다. 아리스토텔레스가 그러했고 우리에게겐 철학자로 더 알려진 데카르트가 그러했으며 갈릴레오, 케플러, 뉴턴 모두 과학의 본성과 과학적 방법론에 대한 중요한 저술을 남겼다. 17세기 이후가 되면 과학 전반에 대해 일반적인 논의를 하는 과학자를 찾아보기는 어렵게 되지만 여전히 자신들의 연구 주제에 대해서 과학적 연구 자체뿐 아니라 방법론적 논의를 병행하는 모습을 볼 수 있다. 고전 전자기학을 완성한 맥스웰이나 절대온도로 유명한 켈빈경, 현대 카오스 이론을 시작한 푸앙카레나 양자역학 성립에 주도적 역할을 했던 보어, 슈뢰딩거, 하이젠베르크 등이 그러하다. 그러나 20세기 이후 과학연구의 주도권이 인문학과 자연과학의 통합적 이해를 추구했던 유럽에서 문제풀이를 강조하고 실용적 효과를 중시하는 미국

으로 넘어가면서 과학자들이 자신들의 연구에 대해 메타적인 고찰을 하는 경우가 드문 일이 되었다. 이 점은 미국 과학의 영향을 강하게 받은 우리나라에서도 마찬가지이다.

한편, 20세기 초 비엔나에서는 원래 물리학으로 훈련받았거나(술릭), 그 당시 이루어지고 있던 물리학의 혁명적 변화(상대성이론과 양자역학)에 크게 영향을 받은(카르납과 라이헨바하) 과학자-철학자들이 모여서 현대 과학의 철학적 의의를 엄밀한 분석을 통해 파악하고 그 핵심을 그 당시의 철학을 개혁하는 데 사용하고자 했는데 이들이 바로 20세기 과학철학계를 주도하는 논리실증주의의 전신인 비엔나 모임(Vienna Circle)이다. 비엔나 모임의 주창자들은 모두 그 당시 이루어지고 있던 과학의 혁명적 변화에 정통했고 과학철학 연구는 대상인 과학 연구와 긴밀한 관계를 유지해야 한다는 점을 강조했다. 특별히 그들은 단순히 물리학만이 아니라 자연과학 그리고 사회과학의 여러 분야들 각각에 대해 과학철학적 연구가 수행되어야 한다고 생각했다. 하지만 2차 세계대전이 시작되면서 비엔나 모임의 많은 학자가 미국에 자리를 잡게 되고 그 당시 미국의 실용주의적 학풍에 적응하면서 자신들의 다양한 철학적 관심을 억누르게 된다. 그러면서 과학철학의 작업을 과학연명에 대한 논리적 분석으로 한정시키고 그 과정에서 발생한 여러 전문적인 문제들에 논의를 집중하게 된다. 자연스럽게 과학철학 논의는 과학연구자들에게는 이해할 수 없거나 흥미를 끌 수 없는 것이 되었고 이런 상황은 '60년대 토마스 쿤과 다른 과학철학자들에 의해 타개될 때까지 지속된다.

'60년대까지 주도권을 행사하던 논리실증주의/논리경험주의 과학철학에 반기를 든 토마스 쿤을 비롯한 일군의 과학철학자들은 기본적으로 과학철학자들이 과학연구가 과거에 실제로 어떻게 수행되고 그 결과가 어떤 방식으로 평가되었는지에 관심을 집중할 것을 강조했다. 간단히 말하자면 과학연구가 실제로 진행되어 온 방식에 보다 충실하게 과학철학적 연구가 이루어져야 된다는 점을 강조한 것이다. 이는 어떻게 보면 비엔나 모임의 원래 창립 정신을 되살린 것이라고도 할 수 있다. 현재 쿤의 주장의 구체적인 부분에 대한 평가에 관해서는 과학철학자마다 견해가 다르지만 과학철학이 과학의 역사에 충실하고 과학연구의 실천적 모습을 담아내야 한다는 점에 대해서는 대부분이 동의하고 있다.

이렇게 과학철학이 과학의 역사적 전개과정과 현재 과학연구가 이루어지는 모습에 보다 관심을 모으게 되면서 과학철학 연구는 과학기술사나 과학기술 사회학 등 과학기술을 연구하는 다른 과학기술학(science technology studies)과 함께 협동하여 현대 과학기술에 대한 종합적인 이해를 산출할 수 있게 되었다. 과학기술의 역할과 영향력이 점점 더 중요해지고 있는 우리 사회에서 과학기술에 대한 이러한 통합학문적 이해는 매우 필요하다고 할 수 있다. 실제로 각 대학마다 과학기술을 그것을 포함하는 보다 넓은 사회문화적 맥락에서 역사적인 사례를 사용하여 분석하는 과학기술학 관련 과목이 상당한 호응을 얻고 있다는 사실도 이 사실을 보여준다.

철학으로 과학기술 읽기 사례(1):

교과서/종설논문 전통

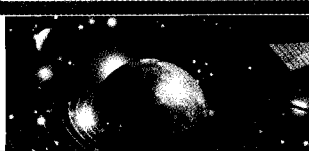
토마스 쿤은 과학 연구에 갓 들어선 신참자에게 기존의 연구 성과를 단시간에 교육시키는 데 매우 유용한 교과서나 종설논문(review paper)이 과학 연구의 본질에 대한 올바른 이해에 방해가 될 수 있음을 지적했다. 교과서나 종설논문의 목적은 현재까지 합의된 과학 내용을 개념적으로 가장 잘 이해될 수 있도록 정리해서 학습자에게 제시하는 것이다. 그렇기 때문에 과학연구가 역사적으로 어떤 전개과정을 거쳤는가에 대해서는 일반적으로 부정확한 모습을 보여지게 된다. 가령, A라는 연구 이후에 수많은 다른 방향의 연구가 진행되다가 B라는 연구가 이루어졌다고 하자. 만약 현대적 관점에서 연구사를 정리할 때 A 다음에 B를 연이어 서술하는 것이 이해하기 쉽다면, 교과서는 A의 연구 이후 B의 연구자들이 A의 연구에 직접적으로 자극을 받아서 B의 결과물을 얻게 된 것처럼 서술하는 경우가 많다.

예를 들어 마이켈슨과 모올리의 움직이는 지구에서의 서로 다른 방향에 대한 빛의 속도 측정 실험(1887)은 흔히 모든 방향에 대해서 측정자의 운동속도와 무관하게 빛의 속도는 일정하다는 아인슈타인의 특수상대성이론(1905)을 실험적으로 입증한 것으로 시간의 순서를 뒤집어서 서술된다. 하지만 마이켈슨과 모올리는 빛의 속도 자체를 측정하려고 그 실험을 했던 것이 아니었다. 그들이 측정하고자 했던 것은 에테르의 움직임과 관련된 지구 공전의 속도였고 그 속도를 서로 직각인 방향의 빛의 속도 차이에

서 계산해내고 싶었던 것이다. 그러므로 그들의 실험은 아인슈타인의 상대성 이론과는 개념적으로도 별 관련이 없었다. 실제로 마이켈슨과 모올리는 빛의 속도 차이가 발견되지 않자 매우 실망하여 계속해서 동일한 실험을 반복했고 어떤 경우에는 속도 차이를 측정했다고 발표하기도 했다! 하지만 물론 물리학 교과서가 그런 과학연구의 복잡한 과정을 다루는 경우는 거의 없다.

과학 교과서를 서술하는 이러한 방식이 가지는 문제점은 과학 연구가 이루어지는 방식에 대해 학습자가 잘못된 이해를 가지게 하기 쉽다는 것이다. 즉, 과학연구가 마치 어떤 문제가 주어지면 그 문제에 대한 해법이 무엇인지 그리고 그 해법을 어떻게 얻을 것인지에 대해 모든 연구자들이 항상 동일한 생각을 가지고 있으며 단지 그 해법을 누가 먼저 발견하는가가 중요할 뿐이라는 식의 사고방식이 그것이다. 물론 이런 식으로 이루어지는 과학연구도 존재한다. 인간 유전체계획(Human Genome Project) 이후 최근 여러 연구자들이 각종 유전자의 염기서열을 경쟁적으로 분석하여 논문으로 발표하는 경우가 이에 해당한다.

그러나 대부분의 혁신적인 과학연구는 현재 과학계가 당면한 문제를 어떤 방식으로 정식화할 것인지, 그리고 어떤 형태의 답이 그 문제에 대한 답이라고 생각될 수 있는지, 그리고 그 답을 어떻게 찾을지에 대해, 서로 다른 의견이 존재하는 상황에서 연구가 이루어지는 것이 대부분이다. 실제로 DNA가 유전정보를 어떤 방식으로 저장하고 전달하는가에 대한 왓슨과 크릭의 연구도 유전현상에 대한 다양한 연구계획 중 하



나에 불과했다.

이런 다양한 문제제기의 가능성과 연구의 복잡성을 무시하면 과학연구는 자칫 창조성이 결여된 기계적인 작업이나 수학적 능력과 같은 상당히 선천적인 능력에 의해서만 전적으로 결정되는 따분한 지적 게임으로 여겨지기 쉽다. 하지만 실제로 과학연구는 수많은 우연성과 노력 등이 어우러지는 방식으로 이루어진다. 과학연구의 이런 다양한 측면을 잘 이해할 때만이 연구자들은 과학연구를 즐길 수 있고, 도전해볼 만한 보다 '인간적인' 활동으로 여길 수 있을 것이다.

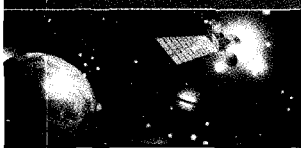
그럼 도대체 이와 같은 역사적 '왜곡'이 왜 일어나는가? 이는 과거의 과학이론들이 현재의 과학이론으로 바뀌어나가는 과정을 자연스럽게 필연적인 것으로 묘사할 때 학습자들이 훨씬 쉽게 그 과정을 이해할 수 있기 때문이다. 즉, 연속되는 이론들이 그 전 이론의 단점을 하나씩 극복해나가는 과정으로 과학의 역사를 서술하는 것이 교과서의 목적을 달성하는 데 절대적으로 유리하기 때문이다.

예를 들어 톰슨의 원자모형이 러더포드의 원자모형으로 그리고 보어의 원자모형으로 대체되는 과정에 대한 교과서적인 설명을 살펴보자. 톰슨의 원자모형에 따르면 원자 내에서 양의 전하와 음의 전하는 서로 고르게 섞여 있다. 그런데 러더포드가 알파입자를 원자에 쏘아주었더니 일부가 매우 큰 각도로 튕겨져 나왔다. 만약 톰슨의 원자모형이 맞다면 원자 내부의 모든 지역에서 평균 전하의 값은 대강 0에 가까울 것이기에 양의 전하를 가진 알파입자는 거의 영향을 받지 않고 원자를 통과해야 한다. 그러므로

큰 각도로 튕겨져 나온 알파입자가 존재한다는 사실은 양의 전하가 매우 작은 공간에 엄청난 밀도로 뭉쳐 있음을 시사한다. 러더포드는 이를 원자핵이라고 명명했고 러더포드의 원자모형은 양의 전하를 가진 원자핵의 주위를 음의 전하를 가진 전자가 마치 지구가 태양 주위를 돌 듯 회전하는 형태로 되어 있다. 그런데 고전전기역학에 따르면 원운동을 하는 전자는 전자기파를 방출해야 하는데 전자기파는 에너지이므로 전자는 곧 에너지를 잃고 원자핵으로 추락해야 한다. 그러나 이렇다면 이 세상의 모든 원자들은 순식간에 붕괴해야 하므로, 보어는 이 문제점을 해결하기 위해 전자의 궤도가 특정한 정상파 조건을 만족하면 전자가 원자핵으로 추락하지 않고 안정된 상태로 있을 수 있다고 제안했고, 이것이 보어의 원자모형이다.

이상의 발전사는 이해하기 쉽다. 그리고 톰슨-러더포드-보어로 이어지는 과학자들의 그 전 원자모형의 단점을 고쳐나가는 활동이 거의 필연적인 것으로 생각된다. 하지만 실제 역사는 이보다 훨씬 더 복잡하다. 톰슨, 러더포드, 보어는 각자 독자적인 연구 계획들을 가지고 있었고, 그 계획들에서 원자모형은 서로 다른 방식으로 이해되었다. 그리고 각 모형의 주창자들이 자신들이 모형을 제안할 때 그 함의를 즉각적으로 인식했던 것도 아니었다. 많은 경우 자신이 제안한 모형이 무엇을 의미하는지를 다른 학자들이 설명해주는 일도 일어났다.

때로는 이러한 '왜곡'이 실시간으로 일어나기도 한다. 쿤은 미국물리학회에 요청으로 현대물리학의 기초를 세웠던 거장들을 인터뷰했다. 인터뷰 대상자 중에서 양자물



리학의 형성에 중요한 역할을 한 닐스 보어도 끼어 있었다. 쿤은 이번 기회에 보어의 한 논문에 대해 그가 평소 가지고 있던 의문점을 풀고 싶어 했다. 그 논문은 세 편으로 구분되어 있고 우리가 현재 알고 있는 양자물리학 최초의 원자모형인 보어의 모형을 처음 제시한 것으로 알려져 있다. 쿤의 의문점은 3부작 논문의 첫 논문과 마지막 논문에서 보어의 생각이 일치하지 않는 것처럼 보인다는 점이었다. 쿤이 아무리 꼼꼼하게 읽어보아도 첫 논문에서 보어는 자신의 스승이었던 러더포드의 고전물리학 연구 전통에 입각하여 원자의 문제에 접근하고 있었다. 그러나 약간 혼란스러운 둘째 논문을 지나 마지막 논문에 이르러서 보어는 현재 우리가 양자물리학적 사고방식이라고 부르는 것에 상당히 접근한 모습을 보여주었다.

쿤이 이 점을 보어와의 첫 인터뷰에서 지적했을 때 보어의 반응은 간단한 '부인'이었다. 그럴 리가 없다는 것이었다. 자신은 그 3부작 논문을 처음부터 끝까지 분명히 양자물리학적 사고방식에 입각하여 저술했다는 주장이었다. 압전히 물러나온 쿤은 보어와의 다음 인터뷰 때 그 문제의 논문을 복사해서 보어에게 보여주었다. 보어는 잠시 말문을 잃더니 어쩔 줄 모르면서 '그 논문을 그때 너무 급히 써서 그렇게 서둘러 발표하지 말았어야 했는데' 등의 말을 우물거렸다.

왜 보어는 그토록 당황스러워 했을까? 그것은 보어 '자신도' 표준적 교과서에서 왜곡시킨 양자물리학의 역사를 어느새 그대로 믿고 있었기 때문이다. 즉, 교육 목적을 위해 과학 연구의 과정을 단순하게 보여준,

보어모형에 대한 교과서의 서술을, 보어는 자신이 실제로 어떻게 작업했는지를 까맣게 잊어버리고 다른 후학들이 그랬듯이 믿어버린 것이다. 여기서 우리는 과학연구의 전개 양상에 대한 교과서 전통의 위력을 실감할 수 있다. 쿤의 보어 인터뷰의 예에서 우리는 교과서나 종설논문이 쓰여지는 방식이 현재의 과학지식을 교육시키고 후속 연구자들을 훈련시키는 데 매우 유용하고 효율적이긴 하지만 과학의 본질에 대해 왜곡된 이미지를 심어줄 수 있다는 점에 주목해야 한다. 원래 쿤은 보어를 3번 인터뷰하게 예정되어 있었지만 마지막 인터뷰는 끝내 이루어지지 않았다. 쿤과의 두 번째 인터뷰에서 워낙 충격(?)을 받은 탓인지 보어는 세 번째 인터뷰 전에 숨을 거두고 말았다.

철학으로 과학기술 읽기 사례(2): '과학적'의 두 의미

우리에게 과학적인 것은 신뢰감을 주고 지적 권위를 높여주는 것처럼 보인다. 반면 경험을 통해 얻은 결론이나 민간요법은 비과학적이라 여겨지고 체계적이지 못한 방식으로 일을 하는 사람은 비과학적이라고 비판 받는다. 그러므로 우리는 과학적인 것은 좋은 것이고 비과학적인 것은 나쁜 것으로 받아들여지고 있는 세계에 살고 있는 것처럼 보인다. 그러나 한편에서는 환경오염이나 대량살상 무기의 등장과 같은 현대 과학기술과 관련된 여러 폐해들을 지적하는 목소리도 높다. 그렇다면 과학적인 것이 반드시 좋은 것만은 아니지 않을까? 다소 혼란스러워지는 대목이다.

이런 혼란스러움에서 벗어나기 위해서는 '과학적'이라는 개념을 보다 잘 정의할 필요가 있다. 개념을 보다 정확하게 이해하는 일 자체가 문제에 대한 해답을 주지는 않지만, 우리는 개념을 통해 사고하기에 개념을 분명하게 하는 일은 문제의 핵심을 인식할 수 있게 해주고 많은 경우 해답을 찾아가는 실마리를 제공한다.

우선 과학적·비과학적이라는 말은 일반적으로 두 가지 서로 다른 의미로 사용되고 있음에 주목하자. 예를 들어 침대가 과학이라는 주장은 아마도 다음과 같은 점을 강조하기 위해 사용되었을 것이다. 즉, 아무 나무나 골라 대강 대패질을 한 다음 적당히 잘라서 침대 크기 정도로 만든 다음 그 위에 스프링이 달린 이불을 올려놓아 만든 침대가 아니라, 어떤 재료를 어떻게 결합하여 침대를 만들었을 때 그 위에서 자는 사람이 가장 편안함을 느끼고 숙면을 취할 수 있는가를 여러 체계적인 연구와 시험을 거쳐서 만들었다는 의미일 것이다. 마찬가지로 이유식이 과학이라는 주장도 어떤 이유식을 어떤 순서로 주어야 유아의 알레르기 반응을 최대한 막을 수 있고, 이후 성인까지 가지고 간다는 식습관을 잘 형성시킬 수 있는가에 대해 체계적이고 분석적인 기법을 동원하여 연구하여 이유식을 만들어냈다는 말일 것이다. 이런 의미를 잘 생각해보면 이는 과학적 '방법(method)'을 강조하는 것임을 알 수 있다.

물론 모든 연구주제에 적합한 보편적인 과학적 방법이 존재하는 것은 아니며, 과학자들이 자신이 해결하려는 구체적인 문제에 가장 적절한 연구방법을 찾아내는 것이 연

구활동의 주요한 부분을 차지한다. 그러나 일반적으로 과학적 방법은 대략 다음 네 가지 특징으로 요약될 수 있다. 첫 번째는 과학연구의 대상으로 '자연적(natural)' 원인을 인정한다는 것이다. 이는 흔히 초자연현상이라고 불리는 영역은 과학적 방법이 적용될 수 없다는 의미가 아니라, 초자연적 현상은 그것이 자연적인 원인으로 분석될 수 있는 한에서만 과학의 타당한 연구 주제로 인정될 수 있다는 것이다. 두 번째는 과학적 방법은 적어도 원칙적으로는 '경험적 증거(empirical evidence)'에 근거하여 모든 주장이 평가될 것을 요구한다는 것이다. 물론 매번 새로운 이론이 등장할 때마다 그것의 모든 내용을 경험적으로 완벽하게 검증할 수는 없다. 그러나 이미 관련 연구 분야에서 받아들여지고 있는 배경지식을 제외한 부분에 대한 평가는 경험적인 방식으로 이루어져야 한다. 과학적 방법의 세 번째 특징은 '분석적(analytic)'이라는 것이다. 대개 우리가 이해하려는 자연현상이나 사회현상은 질적으로 다양한 여러 인과적 영향이 복합적으로 작용하는 매우 복잡한 성격을 띤다. 그럼에도 분석적 방법은 이런 복잡한 상황을 비교적 단순한 요소로 분해하여 그 각각을 이해한 후 나중에 그 연구결과를 종합하여 복잡한 전체상황에 대한 최종적인 이해를 얻어내려고 노력한다. 과학적 방법의 마지막 특징은 그것이 '체계적(systematic)'이라는 것이다. 이는 과학적 방법을 사용하는 연구자 집단끼리는 서로 정보를 공유하고 상대방의 문제점을 비판하는 방식으로, 여러 연관된 주장들 사이의 관계를 정합적으로 밝히려 노력하는 태



도와 관련이 있다.

이렇게 이해하고 보면 방법론적 의미의 '과학적'이라는 수식어는 긍정적인 의미를 담고 있음을 알 수 있다. 분명 초자연적인 것을 배제하고 분석적 방법을 선호한다는 점에서 세계에 대한 특정 존재론적 입장을 취하고 있으며, 그런 점에서 연구 방법으로 절대적으로 중립적인 것은 아니지만 적어도 이런 의미의 '과학적' 태도는 반드시 자연 과학이 아니라도 모든 경험과학이 정도의 차이는 있을망정 모두 공유하고 있는 방법론적 특징이다. 물론 이 '과학적' 방법이 연구 주제에 따라 구체적으로 얼마만큼 유용한가에 대해서는 의견 차이가 있을 수 있다. 예를 들어 생명체에 대한 연구에서 분석적 방법과 기계적 모형이 전체론적 이해에 대해 어떤 장점과 한계를 지니는가에 대한 논의가 이에 해당된다. 그러나 적어도 방법론적 의미의 '과학적'이라는 수식어는 지적 활동에 대한 한 상당히 긍정적으로 평가될 수 있다.

그러나 우리가 '과학적'이라는 수식어로 다른 것을 의도할 수 있다. 예를 들어 '침대도 과학'이라고 선전하는 일은 그 침대가 과학적 방법을 사용한 연구의 성과물이라는 사실만을 전달하는 목적만을 가지는 것은 아니다. 현대 산업사회에서 정도의 차이는 있지만 방법론적 의미에서 전적으로 '비과학적'으로 만들어지는 침대는 없을 것이기 때문이다. 그렇다면 광고제작자들이 침대나 이유식을 과학이라고 강조함으로써 기대하는 것은 무엇일까? 그것은 물론 과학이 현대사회에서 가지고 있는 지적 권위이다. 어떤 것이 '과학적'이라고 평가하는 일은 그

것의 내용이 확실하고, 종종 그 진리가 보장될 수 있음을 의미한다고 암묵적으로 가정되기 때문이다. 그러므로 자기 회사의 침대가 '과학'이라고 주장하는 광고는 자신들의 침대가 침대에 대한 한 가장 최고의 질적 특징을 가졌음을 자연과학적으로 보장할 수 있다는 주장을 암묵적으로 하고 있다고 짐작된다. 마찬가지로 이유식이 과학이라는 주장에는 이유식에 대한 여러 지식들이 완벽한 진리는 아니더라도 현재 우리가 이유식에 대해 알 수 있는 가장 정확하고 객관적인 지식이므로 그것을 믿지 않는 사람은 곧 자명한 것을 믿지 않는 사람이라고 비난할 수 있다는 뉘앙스가 담겨 있다.

이러한 방식으로 '과학적'이라는 수식어를 보장적 혹은 정당화(justification)의 의미로 사용하는 것은 상당한 위험성을 내포하고 있으며, 바람직하지 않다. 우선 '과학적'의 이러한 사용은 실제로 자신들이 주장하는 정당화를 제공해 줄 수 없다. 수많은 과학사 연구를 통해 현재 확실해진 점은 매우 '과학적' 방법을 사용해서 얻어진 과거의 과학지식 중 상당 부분이 현재 우리는 잘못된 것으로 여기고 있다는 사실이다. 간단히 말하자면 '과학적' 방법의 사용이 연구결과의 참을 보장하지 않는다는 것이다.

주의할 점은 이 사실로부터 현재 우리가 참으로 믿고 있는 과학지식도 언젠가는 모두 거짓으로 판명날 것이므로 과학지식과 가령, 신화적 믿음 사이에는 아무런 차이가 없다는 상대주의적 결론이 도출되는 것은 아니라는 것이다. 왜냐하면 많은 경우 우리는 앞선 과학이론이 왜 실패했는지 그리고 어떤 측면에서 한계를 가졌는가를 뒤에 등

장한 과학이론을 사용하여 설명할 수 있기 때문이다. 신화적 믿음은 이러한 설명적 연관성을 갖는 경우가 거의 없다. 설사 세계관과 개념 체계에 있어서 극단적으로 상이한 '공약불가능한(incommensurable)' 이론들이 관련된 복잡한 상황이어서 이론식의 설명이 불가능한 경우에도 대개 우리는 경험적 지식의 수준에서는 연속적인 과학지식의 축적을 얻고 있다.

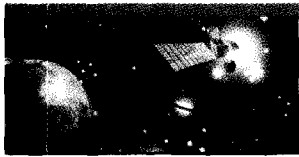
그러므로 '과학적' 방법을 사용하여 얻어진 지식이 '비과학적' 방법을 사용하여 얻은 지식보다 대체적으로 더 믿을 만한 것은 사실이다. 그럼에도 불구하고 어떤 지식이 '과학적'이라는 이유만으로 어떤 단서조항 없이 무조건적으로 참이 보장되는 것은 아니다. 이는 과학적 방법의 사용이 연구결과가 참이라는 보장이나 연구결과가 유일하게 나온다는 보장을 해줄 수 없기 때문이다. 만약 이러한 보장이 가능했다면 인류는 이미 오래 전에 전지(全知)한 신과 같은 존재가 되었을 것이다. 과학 연구 활동의 진정한 매력은 성공을 보장해주는 지적 능력이나 방법론적 도구를 가지지 않은 인류가 어떻게 때로는 흥분될 정도로 짜릿하고, 때로는 피를 말리도록 고통스러운 과정을 거쳐 세계에 대한 신뢰할 만한 이론을 창조해왔는가에 놓여 있다.

'과학적' 과 관련된 또 다른 중요한 주제로 지식으로서의 과학과 사용으로서의 과학의 구별이 있다. 대부분 우리가 과학의 폐해를 말할 때 우리가 주목하는 것은 과학적 지식의 사용으로 말미암은 결과들이다. 그러므로 과학적 지식 자체는 중립적이면서도 그것을 사용하여 바람직하지 않은 결과에

이르게 될 가능성은 남게 된다. 그런데 바람직스럽지 않은 결과는 비과학적인 지식을 사용해서도 얻어질 수 있다. 이렇게 생각해 보면 과학적인 것이 좋은 것인가의 여부는 현대사회에서 과학과 관련된 폐해의 문제와는 논리적으로 별개의 문제라고 생각할 수도 있다.

하지만 상황은 그렇게 단순하지 않다. 일상적으로 과학적이라는 말은 서양의 근대 이후 형성되어 현재까지 이어온 과학전통을 지칭한다. 몇몇 이론가들, 특히 문화적 상대주의자나 급진주의적 페미니스트들은 서구에서 유래한 이 과학 전통이 본질적으로 왜곡되어 있다고 주장한다. 즉, 중립적 과학지식이 오용되어 문제가 생긴 것이 아니라 과학지식 자체가 제국주의적이거나 폭력적, 혹은 남성 우월적이기 때문에 그것에서 파생된 결과가 나쁜 것은 당연하다는 생각이다. 이 견해는 매우 논쟁의 여지가 많은 주장이지만, 과학이 관련된 문제 상황에 대해 그 책임을 단순히 과학의 잘못된 사용에 물을 것인가 아니면 과학지식 자체에 물을 것인가에 대한 중요한 질문을 던지고 있다.

결론적으로 '과학적'이라는 수식어가 붙은 것은 무조건 좋은 것인가는 우리가 '과학적'으로 무엇을 의미하는가에 따라 달라진다고 할 수 있다. 방법론적으로 '과학적'을 의미한다면 대체적으로 '과학적' 방법은 '비과학적' 방법보다 훨씬 더 성공적이고 유용하다. 그러나 보장적 의미에서 '과학적'이라는 수식어로 특정 주장을 무조건적으로 정당화하려는 태도는 과학연구를 통해 얻은 결과에 대한 맹신과 모든 문제를 과학연구를 통해서만 풀어야 한다는 일종의 과



학 제국주의로 이어질 위험성이 있으므로 주의해야 한다. 마지막으로 과학적 지식과 사용을 구별하는 일은 논리적으로는 명확하지만 몇몇 논쟁적인 주제와 연결될 수 있으므로 보다 차분한 고찰이 필요하다.

더 읽어볼 거리

이공계 학생을 위한 과학기술의 철학적 이해, 과학철학교육위원회 편(한양대학교 출판부, 2004).

뉴턴과 아인슈타인 : 우리가 몰랐던 천재들의 창조성, 홍성욱·이상욱 외 지음(창비, 2004).

과학이란 무엇인가?, A. F. 차머스 지음, 신중섭·이상원 옮김(서광사, 2003).

피타고라스의 바지, 마거릿 버트하임 지음, 최애리 옮김(사이언스북스, 1997).

풀하우스, 스티븐 제이 굴드 지음, 이명희 옮김(사이언스북스, 2002).

네번째 불연속, 부르스 매즐리시 지음, 김희봉 옮김(사이언스북스, 2001).

페미니즘과 기술, 주디 와츠맨 지음, 조주현 옮김(당대, 2001).

과학연구윤리, 유네스코 한국위원회 편(당대, 2001).

과학·종교·윤리의 대화, 최재천 엮음(궁리, 2001).

과학이 종교를 만날 때, 이어 바버 지음, 이철우 옮김(김영사, 2002).

과학, 우리 시대의 교양, 유네스코 한국위원회 기획, 이필렬·최경희·송성수 지음(세종서적, 2004).

인문학으로 과학읽기, 이종원·홍성욱·임종태 엮음(실천문학사, 2004).

가상벽(Virtual Wall)

미세 채널 내부에서 유체와 기체가 만나서 이루는 경계면을 가리킨다. 기체 내부의 압력 변화 또는 유속의 변화에 따라 경계면의 위치는 유동적이 되며, 이러한 현상은 가상벽이 움직이는 것과 같다고 볼 수 있다. 가상벽은 가변적이고 붕괴시 재구성이 용이한 특징이 있다. 벽 사이 폭의 크기와 위치를 조절함으로써 미세채널을 지나는 입자의 이송경로를 조절할 수 있다.

헤모사이토미터(Hemocytometer)

미세한 금속선에 의해 격자가 표면에 새겨진 유리 기관으로, 세포를 계수하기 위한 도구이다. 2 μ m 정도 폭의 금속선에 의해 가로 세로 50 μ m의 단위격자가 가로 세로 3 mm의 면적에 배열로 새겨져 있으며, 유리 덮개를 씌우면 100 μ m의 높이가 형성된다. 이 공간에 배양액과 함께 세포를 주입하고 현미경을 보면서 계수를 하게 된다.