2018-12967 박재문

유 혁 교수님

과학과 기술 글쓰기 005

2018년 11월

**반증주의로 패러다임을 설명하다**

과학의 발전은 16-17세기경 갈릴레이, 케플러, 뉴턴 등의 과학자들이 고전 물리학을 집대성하고, 이후 19세기에 아인슈타인, 보어, 슈뢰딩거 등이 양자 역학이라는 새로운 학문을 만드는 등 예전부터 세상에 대한 사람들의 인식을 바꿔갔다. 한편, 이런 과학의 발자취를 조금 더 철학적인 관점으로 바라보면 과학은 어디로, 어떻게 나아가고 있는 것인지에 대한 난해하면서도 근본적인 의문점에 봉착한다. 과학에 진리란 존재하고, 과학의 진보는 어떻게 이루어지는가 하는 물음으로부터 과거의 이론들이 어떻게 실패하거나 성공하여 현재의 과학을 이루는지, 이러한 의문의 해결책을 찾아감을 통해 앞으로 과학이 가야 할 행보에 대해 고찰할 수 있다. 이에 대해 많은 과학철학자들이 자신만의 이론을 펼쳤는데, 칼 포퍼의 ‘반증주의’와 토머스 쿤의 ‘과학의 패러다임’은 서로 대립하던 두 개의 대표적인 이론으로 손꼽힌다. 이 에세이를 통해 포퍼와 쿤의 반증주의와 패러다임의 이론을 간단히 소개한 후, 과학의 진보의 관점에서 포퍼의 ‘반증주의’를 중심으로 쿤의 ‘패러다임’이 어떤 면에서 어떤 면에서 옳고 어떤 면에서 잘못되었다고 생각하는지 서술한 후, 두 이론이 서로 대립 없이 공존하는 개념임을 보이는 해석을 예시를 통해 보이고자 한다.

우선 과학 진보의 규정을 위해서는 과학과 과학이 아닌 것, 즉 사이비 과학의 구분이 필요한데, 포퍼는 이에 대해 ‘비판가능성’이라는 명료한 기준을 제시했다. 즉, 어떤 가설이나 이론이 논리적으로 비판을 할 수 없는 구조라면 그것은 사이비 과학이다. ‘신은 존재한다’는 가설은 어떠한 경로로도 그 가설이 온전히 틀림을 반증할 수 없으므로 과학이라 할 수 없다. 반면, ‘지구에 의한 중력은 지구 어느 지점에서나 크기가 균일하다’는 가설은 고도의 차이가 많이 나는 지구의 두 지점에서 중력의 크기를 측정함을 통해 이가 틀린 가설임을 반증할 수 있고, 이는 포퍼의 관점에서 ‘과학적이다’고 할 수 있다. 이렇듯 포퍼가 규정하는 ‘과학적이다’는 참과 거짓을 구분짓는 것이 아닌, ‘의미가 있음’을 뜻한다. 또한 이러한 가설들이 가치가 있으려면 당대의 실질적인 문제를 해결하려는 목적을 가지고 있어야만 하고, 이런 목적이 없는 철학적/과학적 논제들은 무의미 헛소리에 불과하다. 의미 있고 반증 가능한 추측은 그것의 반증을 시도하는 시험을 거치게 되고, 이 시험에서 거짓임이 입증되면 그 추측은 폐기된다. 이러한 추측들은 온전히 참임을 입증할 수 없기에[[1]](#footnote-1), 포퍼는 시험을 여러 번 거쳐 거짓임이 입증되지 않는 추측이 신뢰성이 높다고 규정하고, 이렇게 의미 있는 추측과 반증의 시험을 반복하며 과학은 모든 사물의 본질인 진리에 다가가며, 이를 과학의 진보라 한다.

포퍼의 ‘반증주의’에 대한 주장을 요약해 보면 과학은 추측과 반증이라는 과정을 되풀이하며 역사를 거쳐 누적되는 형식으로 발전한다. 이에 토머스 쿤은 과학에 ‘패러다임’이라는 개념을 도입하여 포퍼의 주장과는 대비되는 이론을 펼친다. 쿤이 정의한 패러다임은 다소 그 의미와 영역이 모호하지만[[2]](#footnote-2), 크게 봤을 때에는 당시대를 규정하는 과학의 전반적인 특성을 일컫는다. 일례로 갈릴레오 이전에 진리로 받아들여지던 ‘천동설’을 하나의 패러다임으로 볼 수 있다. 이 천동설이 지동설을 입증하는 증거들이 밝혀진 현재는 받아들여지지 않듯, 패러다임은 당시 사람들에 대한 믿음으로 이루어 지는 것으로, 절대적인 것이 아닌 상대적인 개념이다. 기존의 패러다임이 설명할 수 없는 문제들이 많아지면 새로운 패러다임이 자리잡게 되는데, 이렇게 패러다임이 자리잡는 것을 쿤은 ‘과학혁명’이라고 규정했고, 이 부분이 쿤과 포퍼의 주장에서 가장 대립되는 부분이다. 여러 추측과 기존의 추측에 대한 반증을 통해 더 나은 추측을 해 나가는 것을 반복하면서 과학적 지식이 점차 쌓여가며 이가 곧 과학적 진리를 향해 나아가는 것임을 주장한 포퍼와 달리, 쿤은 이러한 과학혁명은 기존까지 존재하던 패러다임에서 쌓아올린 성과를 무너뜨리고 새로운 패러다임이 자리잡는 것이라 주장한다. 또한 새로운 패러다임은 기존의 패러다임보다 많은 문제를 해결할 수 있으므로 과학혁명이 과학의 진보로 직결됨을 부정하지 않았지만, 과학의 이러한 발전이 어떠한 진리로 나아가는 것임은 부인한다. 패러다임의 전환은 한 방향으로 계속 나아가는 것이 아닌, 더 나은 새로운 방향을 찾는 것이기 때문이다.

하지만 나는 포퍼의 반증주의나 쿤의 패러다임이 서로 대립되는 구조가 아닌, 공존하는 구조로 존재해야 한다고 주장한다. 두 학자의 이론과 대비되는 이 주장이 설득력을 얻기 위해서 우선 반증주의에 입각하여 패러다임과 이에 의한 현상들을 설명해 보겠다. 쿤의 패러다임이 포퍼의 반증주의와 가장 큰 차이점이 드러나는 부분은 지식 누적의 여부였다. 패러다임이 바뀐다는 것은 기존 패러다임에 쌓여 있던 지식의 붕괴를 의미한다. 또한 쿤의 패러다임 이론에는 기존의 패러다임이 설명할 수 있던 것을 새로운 패러다임이 설명할 수 없을 수 있다는 쿤-로스(Kuhn-loss) 문제가 나타난다. 이런 문제들은 과학의 진보의 개념이 잘못 규정되어 있다는 데에서 생겨난다. 결국 새로운 패러다임은 기존 패러다임을 바탕으로 한 연구에서 기인하므로 과학혁명으로 패러다임의 전환이 일어난다고 해도 새 패러다임이 기존의 패러다임을 무너뜨린다는 주장은 받아들이기 어렵다. 양자물리의 시초 격인 ‘빛의 이중성’을 바탕으로 생각해 보자. 기존에는 빛을 파동으로만 여겼지만 광전 효과 (금속판에 빛의 세기와 상관없이 특정 진동수 이상의 빛을 비출 때에만 금속판에서 광전자가 튀어나오는 현상)처럼 빛의 파동성 만으로는 설명할 수 없는 문제들이 발생하고, 빛은 때로는 파동, 때로는 입자인 불확실한 존재라는 기존 패러다임의 위기에 봉착했다. 이후 빛은 파동과 물질의 성질을 모두 갖는 실체라는 것이 밝혀지고, 이것이 새로운 패러다임으로 자리잡았다. 하지만 이런 패러다임의 전환 이후에도 빛은 단순히 파동으로 다루는 경우가 잦고, 패러다임 전환 이전 전자기파의 특성에 대한 연구는 여전히 유효하다. 새로운 패러다임이 자리잡았지만 기존 패러다임의 지식이 무너지지 않고 남아있는 경우이다. 즉 과학혁명은 기존 패러다임의 붕괴 후 전혀 새로운 패러다임의 확립이 아닌, 기존 패러다임의 개선으로 과학적 진보를 이루고, 개선의 정도에 따라 기존 패러다임이 얼마나 무너지는지가 달라진다.

빛의 예시를 포퍼의 반증주의에 맞추어 해석해 보자. 기존 광학의 패러다임은 여태까지 많은 반증의 시험들을 무사히 통과해 신뢰도를 누적한 여러 가설과 이론들의 집합으로 볼 수 있고, 빛이 파동이라는 이론은 이 중 하나이다. 광전 효과는 빛이 파동이라는 이론에 대한 성공적인 반증이고, 이를 통해 빛이 파동이기도 입자이기도 하다는 가설을 거쳐 빛이 파동과 입자의 성질을 모두 가지는 광양자로 구성되어 있다는 이론이 현재까지 반증의 시험을 거쳐 남아있다. 패러다임의 전환이란 기존과 완전히 다른 패러다임이 들어서는 것이 아닌 반증에 의해 기존 사람들의 인식을 수정해 가는 것이고, 이가 곧 과학의 진보라 할 수 있다.

쿤-로스 문제의 경우는 반증주의와는 별개의 문제로, 더 많은 것을 설명하는 것 만을 과학적 진보로 국한시켜서 발생하는 문제이다. 기존에 설명할 수 있던 것을 새로운 패러다임이 설명하지 못한다는 것은 ‘이것은 설명할 수 없는 것이다’라는 지식을 얻게 되는 것으로 볼 수 있기 때문이다. 양자역학이 발달되지 않고 뉴턴역학이 역학의 전부였을 때에는 물체가 아무리 작아도 물체의 물리량을 충분히 파악하고 있다면 어떠한 움직임이든 정확히 예측할 수 있다고 여겼고, 이는 원자의 움직임도 예외가 아니었다. 하지만 양자역학이 고전역학의 패러다임을 뒤집은 후 불확정성의 원리에 의해 미시 세계, 즉 물체의 크기가 굉장히 작은 세계에서는 물체의 물리량을 정확하게 예측할 수도 없고, 이를 직접 확인할 수도 없다는 이론이 받아들여졌다. 즉, 고전 역학으로는 설명할 수 있던 입자의 움직임을 양자역학에서는 설명할 수 없게 된 것이다. 하지만 양자역학에서는 이 ‘설명할 수 없음’이 바로 과학적 진보이자 새 패러다임의 핵심이 된다.

쿤은 또한 서로 다른 패러다임끼리는 공통적인 척도가 존재하지 않는다는 ‘공약 불가능성’을 내세웠다. 하나의 예시로, 만물은 유리수의 비율로 이루어져 있다는 피타고라스학파의 패러다임은 이후 어떤 직각이등변삼각형의 빗변의 길이와 다른 변의 길이의 비가 유리수로 나타낼 수 없음을 밝혀내어 자리잡게 된 수에 대한 새 패러다임은 빗변의 길이를 나타내는 척도가 일치하지 않아 공약 불가능성이 성립하게 된다. 쿤은 공약 불가능성에 의해 두 패러다임 간에는 비교가 불가능하다고 주장하지만, 과학혁명을 패러다임의 개선으로 볼 경우 ‘공약 불가능성’을 고려할 필요가 없어진다. 기존의 패러다임과 새로운 패러다임에 공약 불가능한 부분이 있다면 그 부분은 기존의 패러다임에서 반증으로 문제가 발견되어 폐기되고 새로운 가설과 이론이 자리잡은 영역이고, 이는 기존 패러다임에서 이어진 지식과는 구분된다. 직각이등변삼각형의 빗변과 다른 변의 길이의 비를 유리수로 나타낼 수 없다는 것을 알아낸 이상 이를 이전에 유리수의 비로 나타내려 한 피타고라스학파의 이론과 비교할 필요가 없고, 한편 기존에 유리수로도 설명이 되었던 피타고라스학파의 직각삼각형에 대한 이론들을 폐기할 필요도 없다. 기존의 패러다임으로도 모든 것을 잘 설명할 수 있었던 지식은 무너뜨릴 필요가 없으므로 공약 불가능한 부분은 과학혁명의 과정에서 무너진 지식이며, 반증의 시험을 견뎌 더 신뢰도가 높은 새 패러다임과의 비교는 불필요하다.

결론적으로, 반증주의의 관점에서 한 시대의 패러다임을 반증 가능한 가설, 이론 등의 집합으로 해석할 경우 과학혁명이란 기존의 패러다임에 대한 반증으로 발견한 모순들을 설명하는 새로운 이론과 가설을 동반하는 ‘개선된 패러다임의 등장’으로 볼 수 있고, 이를 통해 패러다임 간의 공약 불가능성을 고려할 필요 없이 과학혁명이 과학적 진보를 이루어 나감을 보였다. 이로부터 과학의 진보와 과학의 진리에 대한 관계를 더 명확히 할 수 있다. 진리란 만물의 본질 그 자체이고, 인간은 이 본질이 존재하는지, 또는 본질에 도달했는지를 명확히 알 수 있는 방법이 없다. 하지만 기존 패러다임의 반증과 이에 의해 개선된 새 패러다임이 이전보다 많은 것을 설명할 수 있으며, 세상에 대해 더 많은 것을 기술할 수 있게 되면서 과학은 그 진리를 향해 나아간다고 볼 수 있을 것이다.

**참고 문헌**

Popper, K., 2001, 추측과 논박 1: 과학적 지식의 성장 (*Conjecture and Refutations*), 이한구 옮김, 서울: 민음사

Kuhn, T., 1981, 과학혁명의 구조 (*The structure of scientific revolutions*), 김명자 옮김, 서울: 정음사

1. 기본적으로 포퍼가 규정하는 과학은 ‘반증 가능성’을 전제로 하기에 과학적 가설이 절대적으로 옳다고 주장할 수는 없다. 예로, ‘물체의 가속도는 물체가 받는 합력의 크기에 비례한다’는 명제는 뉴턴의 제1법칙에 의해 명백히 참으로 보이지만 가속도와 가하는 힘 사이에 현대 과학으로는 밝힐 수 없는 어떤 비밀이 숨어있을 가능성이 없다고는 할 수 없다. 먼 과거 사람들이 천동설을 믿었듯. [↑](#footnote-ref-1)
2. 쿤의 저서 ‘과학혁명의 구조’에서 패러다임이란 용어가 지나치게 인용되어 그 의미가 정립 되어있지 않다. 패러다임은 당시대의 문제에 대한 풀이, 가설 등이 될 수도 있고, 과학적 이론이 될 수도 있다. [↑](#footnote-ref-2)