

나노 크기 원자의 실재론적 관점에 관하여

조 영 아[†]

1나노미터에서 100나노미터까지의 물질로 규정된 나노 크기의 원자는 절대적으로 작아서 직접적으로는 도구를 통해서는 관찰되기 어렵다. 나노 크기의 원자의 관찰 불가능성은 그것이 실제하지 않는다는 결론에 이르게 한다. 그러나 해킹에 의하면, 어떤 대상이 관찰 불가능해도 그것이 조작가능하다면 그것이 실재할 증거를 가진다. 본 논문은 이에 근거해, 나노 크기 원자에 대한 실재론적 태도를 어떻게 견지할 수 있는지를 보일 것이다. 우선 칸트의 물자체 개념을 적용해 나노 크기의 원자에 대한 인식의 한계를 강조한 노드만의 논의를 비판적으로 검토할 것이다. 그리고 나노 크기의 원자에 대한 실재론적 태도는 최선의 설명에의 추론에 의거한 이론적 실재론이 아닌 조작가능성에 증거적으로 의거한 실험실재론에 근거해야 한다는 것을 보일 것이다. 그런 다음 실험 실재론을 비판적으로 검토함으로써 나노 크기의 원자에 대한 실재론적 태도를 견지할 수 있음을 보일 것이다.

【주요어】 나노 크기의 원자, 칸트의 물자체, 최선의 설명에의 추론, 조작가능성, 실험 실재론

[†] 서울시립대학교 철학과 박사수료, lune211@naver.com

나노 원자 이론에 의하면, 세계의 모든 물질은 나노 크기의 원자로 구성된다. 나노 크기의 원자는 1나노미터에서 100나노미터까지의 물질을 지칭한다. 나노 크기의 원자 개념은 문자 크기 구조의 물리적, 화학적 속성들을 근본적으로 통제하는 과정에서 고안되었다.¹⁾ 나노 크기의 원자는 무수히 많이 결합돼서 물리적, 화학적면에서 다양한 물질로 만들어질 수 있을 정도로 절대적으로 작기 때문에 관찰 불가능한 것으로 간주된다. 빛의 파장이론에 의하면, 나노 크기의 원자는 그것을 관찰할 수 있게 해주는 빛의 파장보다 더 작기 때문에 직접 관찰될 수 없다. 우리의 눈이 어떤 것을 볼 수 있게 하는 빛의 개별적인 파장은 380나노미터(1나노미터 = 10 \sim 9m)에서 780나노미터이다.²⁾ 하지만 나노크기의 입자나 물질은 1나노미터에서부터 100나노미터까지의 크기를 가진다. 빛의 파장이론에 의하면, 우리가 어떤 물체를 볼 수 있는 이유는 그 물체의 표면에 빛의 파장이 닿고 난 다음 그 파장이 다시 우리의 눈에 반사되기 때문이다. 그런데 어떤 물체가 빛의 파장 보다 더 작아서 빛의 파장이 물체의 표면에 닿지 못하게 된다면, 그 물체는 우리에게 관찰되지 않는다.

나노 크기의 원자는 우리의 눈을 통해서 뿐만 아니라 전자 현미경과 같은 도구를 통해서도 관찰될 수 없다. 전자현미경은 가시광선의 빛 파장보다 더 짧은 인공적인 전기 빛 파장을 나노 크기의 원자 표면에 쏘이어서 나노 크기의 원자를 우리가 관찰할 수 있게 해준다. 그런데 빛 파장이 짧아 질수록 그것의 세기를 통제하고 조절하는 것은 어렵다. 이 때문에 나노 크기의 원자에 정확히 전자 현미경의 빛 파장이 닿기란 쉽지 않다. 설사 전자 현미경의 빛 파장을 나노 크기의 원자 표면에 닿도록 정확히 조준을 했다고 해도, 전자현미경의 전기 빛 파장의 힘이 너무 세서 그 파장이 나노 크기의 원자에 닿은 순간 나노입자를 퉁겨내 버리게 될 수도 있다. 그렇게 되면 전기 빛 파장은 반사되지 않는다. 전자 현미경의 전기 빛 파장이 반사되지 않는다면, 그 어떤 신호도 우리의 눈에 입력되지 않을 것이기에 나

¹⁾ Schiemann (2006), p. 78.

²⁾ Dickson (2008), p. 6.

노 크기의 원자는 관찰되지 않을 것이다. 나노 크기의 원자를 직접적으로 관찰할 수 없기 때문에 과학자들은 나노 크기의 원자에 관한 이미지를 만들어 실험에 활용한다. 주사형 터널 현미경이 보낸 신호인 파장을 통해 나노크기의 원자에 대한 다양한 자료가 수집되고, 그것을 토대로 다양한 색상과 모양을 지닌 나노 크기의 원자에 대한 이미지나 상이 만들어진다. 통상적으로는 현미경을 통해 특정 세포나 미생물을 관찰하는 경우, 현미경에 맷한 시료의 상이 우리 망막에 맷혀 인식되는 과정을 거쳐 관찰이 이루어진다. 이와는 다르게 나노 크기 원자에 관한 현상은 도구가 수집한 자료를 토대로 재구성 된 이미지나 상으로 나타난다. 이점에서 이미지나 상을 토대로 하는 나노 크기 원자의 관찰은 일반적으로 도구를 사용해서 관찰하는 경우보다 간접적 성격이 더 크다. 나노 크기의 원자의 관찰에 있어 이러한 간접적 성격은 나노 크기 원자의 실재를 인정하기 어렵게 만든다.

나노 크기의 원자의 경우처럼 어떤 대상의 관찰 불가능함과 그것의 실재함은 서로 상충되는 것 같다. 분명 실재하지 않는 것은 관찰 불가능하며, 또한 관찰 불가능한 것은 실재한다고 하기 어렵기에 그렇다. 하지만 어떤 대상이 관찰 불가능해도 그것이 조작될 수 있고 그것이 실제로 세계의 일부를 변화시키고 있다면, 그것은 실재하는 것으로 간주될 수 있을 것이다. 이를 근거로 해서 어떤 대상의 관찰 불가능성과 그것의 실재성은 그것이 조작 가능성을 지니는 한에서 양립 가능함을 보이고자 한다. 특히 나노 크기 원자의 실재성을 옹호하기 위해, 나노 크기의 원자와 같은 이론적 존재자가 일상적으로 관찰 불가능하기 때문에 그것이 실재하지 않는다는 반실재론자의 주장과 그럼에도 불구하고 나노 크기 원자는 실재한다고 보는 실재론자의 주장이 양립가능하다는 것을 보일 것이다. 우선 칸트의 물자체 개념을 토대로 나노 크기의 원자에 대한 이해 방식을 제안한 노드만(Nordmann)의 논의를 비판적으로 검토한 이후, 인식의 한계는 실재성과 상충하기 어렵다는 점을 제안할 것이다. 그런 다음 나노 크기 원자의 실재성은 이론적 실재론적 관점에서 옹호되기 어렵다는 점을 살펴볼 것이다. 그리고 해킹의 논의를 빌려 나노 크기의 원자의 실재성의 증거가 확보될 수 있음을 보일 것이다. 마지막으로 실험 실재론을 비판적으로 간략하게 검토할 것이다.

칸트의 물자체 개념은 물자체의 어떤 성격에 중점을 두고 이해하느냐에 따라 다음의 두 가지로 해석 가능하다. 첫째, 칸트의 물자체는 감성을 촉발하여 표상을 가능하게 하는 것³⁾으로서, 이 경우 물자체는 실재하는 것으로 이해된다. 달리 말해, 물자체는 현상의 기초에 놓여 있으면서 우리의 감성에 독립적으로 존재하며 우리를 촉발하는 대상으로서, 그것은 현상의 원인이나 현상들의 근거가 된다.⁴⁾ 이런 의미에서 현상은 사물자체의 현상이다. 나노 크기의 원자가 이런 의미의 물자체와 같은 것으로 이해된다면, 나노 크기의 원자는 실재하는 것이기에 나노 크기의 원자들에 관한 이론이나 이미지는 세계의 참을 기술하는 것으로서 나노 크기의 원자에 관한 실질적인 지식과 정보를 전달하는 것으로 간주된다. 둘째, 칸트의 물자체는 순수이성이나 이론이성에 의한 인식의 한계를 설정하는 역할을 한다.⁵⁾ 즉, 칸트의 물자체는 인식의 한계를 규정하고, 그런 한계로 인해 우리의 인식능력이 구성한 현상만이 우리에게 인식된다는 것을 알려주는 역할을 한다. 이 경우, 물자체는 현상계가 아닌 물자체의 세계, 즉, 가상계에 속하는 것이고, 이론이성의 윌권을 경계하는 역할을 한다. 순수이성은 물자체의 세계에 속하는 영혼, 우주, 신과 같은 것을 인식할 수 없으며, 만약 그러한 것들을 인식하려고 하면 오류추리, 이율배반, 이상에 빠지게 된다. 물자체는 우리들에게는 결코 알려지지 않으며, 오직 물자체가 우리들을 촉발하는 방식만이 알려질 수 있을 뿐이다.⁶⁾ 우리가 알 수 있는 것은 물자체가 아니라 현상일 뿐이다. 현상은 우리가 가진 감성과 오성이라는 인식능력이 구성하며, 현상만이 우리에게 유의미하다. 나노 크기의 원자가 이런 의미의 물자체와 같은 것으로 이해된다면, 나노 크기의 원자는 우리에게 결코 인식될 수 없으며, 나노 이론이나 나노 크기 원자의 이미지는 나노 세계에 관한 사실이나 정보를 전달하는 것이 아니라 우리의 인식능력이 구성한 것이다. 만약 우

3) 황문수 (1996), p. 215.

4) 백종현 (2008).

5) 황문수 (1996), p. 215.

6) Ibid., pp. 218-220.

리가 나노 크기의 원자를 지각한다면, 우리는 나노 크기의 원자를 지각하는 것이 아니라 그것을 재현한 이미지만을 지각할 수 있을 뿐이다. 우리가 직접 지각하거나 관찰할 수 있는 부분은 책상, 의자, 나무, 화분 등의 일상적인 세계인데, 나노 크기의 원자는 이런 일상적인 세계의 부분이 아니기 때문이다. 나노 크기의 원자는 우리의 관찰 능력의 도달 범위를 넘어선 대상이다. 그렇기에 나노 크기의 원자를 다루는 나노 이론은 세계에 대한 참인 기술을 제공하지 않는 것으로 간주된다. 그리고 나노 이론에서 언급되는 나노 크기의 원자는 관찰 불가능한 이론적 존재자로서 관찰 가능한 현상들을 예측하는데 도움을 주기 위해 도입된 편리한 허구로 간주된다.

칸트의 물자체에 대한 이상의 두 가지 접근 방식 중에 노드만은 인식의 한계로서의 물자체를 염두에 두고 과학과 기술에서 다루고 있는 원자나 분자에 대한 이해를 제안한다. 노드만은 나노 크기 원자가 절대적으로 작기 때문에 인식에 한계가 있고, 나노 크기 원자의 인식의 한계는 나노 기술에서 그것들을 조작한 결과를 예측하기 어렵게 만든다는 점을 강조한다. 이를 위해 우선적으로 노드만은 칸트의 물자체에 대한 관점을 다음과 같이 취한다.

대략 옳은 설명에 의하면, 물자체는 경험 안에서 표상되지 않는 자연이다. 만약 이런 자연에 대해 말하는 것이 가능하면 말이다. 우리는 물자체 혹은 자연 '그 자체'에 관해 알지 못하며 알 수도 없다. 본질 혹은 물자체에 관한 인식불가능성은 이론적 이해(understanding)에 관한 한계로 기술될 수 있다. … 사물들이 우리에게 경험의 현상으로서 어떻게 보이는지는, 이미 수식화와 지적인 통제에 종속된 것으로서, 마음에 의해 구성된다.⁷⁾

노드만은 물자체를 인식 불가능한 것으로 보면서, 그것을 우리의 이론적 이해의 한계를 보여주는 것으로 간주한다. 이어서 그는 그러한 개념을 나노 기술에서의 나노 크기의 원자에 대한 이해에 적용해서 다음과 같이 제안한다.

⁷⁾ Nordmann (2006), p. 54.

과학과 관련해서, 원자나 분자는 명백히 우리의 마음에 의해 체계화되지 않는 물자체가 전혀 아니다. 그것들은 지식의 대상이며, 그것들은 우리의 이론적 표현들의 일부이다. 그러나 아마도 기술과 관련해서, 그리고 이해(understanding)와 기술적 통제 사이의 관련성이 있는 한, 원자들과 분자들은 또한 물자체들일 수도 있을 것이다. … 본질적인 기술은 표상과 통제 사이의 관련성이 깨지는 경우에 나타나고, 우리가 성공적으로 인공물을 창조했지만 그것의 발생과 작동이라는 기술적인 작인(technical agency)이 우리에게 불가해한 경우에 나타난다. …(예를 들어), 나노 기타(nano guitar -나노 크기의 원자를 조작해서 만들어낸 기타 형상의 이미지)는 과학의 대상이 아니다. … 나노기술의 인공물로서 나노 기타는 본질적으로 작다. … 어떤 것이 너무 작아서 우리가 그것의 크기를 상상할 수조차 없다면, 그리고 우리가 나노기술의 인공물로서 그것의 본질적인 특징을 파악하기 위해서 그것의 크기를 상상해야 한다고 여긴다면, 우리는 그 어떤 것을 본질적인 것으로 파악하려고 하지만 파악하지 못할 것이다. … 나노기타는 기술적인 통제의 확장인 동시에 인간 이해의 한계를 증명한다.⁸⁾

여기서 노드만은 과학에서 원자나 분자는 이해의 한계로서의 물자체가 아닌 반면, 기술에서 원자나 분자는 우리의 이해의 한계를 증명하는 물자체라고 주장한다. 과학과 관련해서 원자나 분자는 그것에 관해 과학 이론이 구성되는 지식의 대상으로서 우리가 구성해낸 시간과 공간의 현상이다. 원자나 분자에 대해 다루고 있는 과학 이론은 우리가 구성해낸 현상으로서 우리의 이해 안에 완전히 포섭되는 지식이기 때문에 우리가 인식할 수 없는 대상이 아니다. 이와 달리 기술, 특히 나노기술과 관련해서, 나노 원자나 분자들은 절대적으로 작은 크기로 인해 우리에게 파악될 수 없다. 비록 나노기타(nano guitar)를 만들어내는 것이 기술의 발전으로 이룩한 기술적인 통제의 확장이라고 해도, 나노기술에서 원자나 분자들은 그 크기가 절대적으로 작아서 우리의 기술적인 통제에서 벗어 날 가능성이 크다. 이처럼 노드만은 칸트의 물자체 개념을 적용해서 과학에 대비해 기술에서 다루고 있는 나노 크기 원자에 대한 이해의 한계를 강조한다.

그런데 이러한 노드만의 주장은 과학과 기술이 명확히 구분되는 경우에만 성립될 것이다. 일견 과학과 기술은, 전자는 이론적이고 후자는 응용적,

8) Ibid., p. 55–9.

실천적, 실험적이라는 의미에서 어떤 차이점이 있고 명확히 구분될 수 있는 것처럼 보인다.⁹⁾ 하지만 기술이 과학을 만들어 내거나 과학을 통해 기술이 만들어진다는 점을 고려한다면, 과학과 기술이 분명하게 구분된다고 할 수 없다. 과학과 기술을 단순히 이분법적으로 구분할 수 있는 것이 아니라, 과학과 무관한 순수기술의 영역, 기술과 과학이 중첩되는 기술과학의 영역, 기술과 무관한 순수과학의 영역으로 구분될 수 있을 것이다. 순수기술의 영역은 실천이나 실험 속에서 어떤 존재자를 제작, 조작, 조절하는 경우가 해당할 것이다. 기술과학의 영역은, 기술이 과학의 산물이고, 과학이 기술의 논리에서 벗어날 수 없는 것처럼, 기술과 과학이 분리 불가능한 그런 영역일 것이다.¹⁰⁾ 순수과학의 영역은 지식 혹은 이론 영역이라 할 수 있다. 기술과 과학이 엄격하게 구분된다고 보는 사람들은 기술과학의 영역을 인정하지 않을 수도 있다. 하지만 기술은 과학적 지식의 응용이고, 과학은 기술의 개입을 필요로 한다. 과학에는 이론적인 합리성이 작동하고 있고, 기술에는 실천적인 합리성이 작동하고 있다고 해보자. 통상적으로 실천적인 합리성의 논의에는 이론적인 합리성이 개입하고, 이론적인 합리성의 논의에는 실천적인 합리성이 개입하기 마련이다.¹¹⁾ 그렇다면 이론적인 합리성이 작동하는 과학과 실천적인 합리성이 작동하는 기술사이의 경계를 명확히 구분하기 어려울 것이다. 과학과 기술을 서로 구분하기 어렵다면, 노드만의 주장처럼 과학과 기술 각각에서의 나노 크기의 원자가 서로 다른 방식으로 이해되는 것으로 볼 수 없을 것이다. 나노 기술에서의 나노 크기 원자도 과학에서의 원자처럼 이론적 이해에 모두 포함될 수 있는 가능성을 가질 수 있다. 그러면 나노 기술에서의 나노 크기의 원자를 인식의 한계로서의 물자체로 이해하는 것은 어려움이 따를 것이다.

9) 아이디와 하이데거는 기술을 응용과학으로 보는 전통적인 기술 이해방식을 관념론적 전통의 산물로 간주하며 받아들이지 않는다. 기술지식을 과학지식처럼 순전히 객관적인 경험적 토대와 합리적 추론의 산물로 볼 것인가 아니면 다양한 사회적·문화적 변수들이 함께 작용하여 만들어 낸 사회적 구성물로 볼 것인가는 결정하기 어려운 복잡한 문제이다. 이중원 (2008), p. 44.

10) 이봉재 (2000), pp. 219~220.

11) 김기현 (2004), p. 25.

노드만의 주장처럼 나노 크기의 원자를 다루는 나노 기술에서의 인식의 한계성은 어느 정도 존재한다. 하지만 나노 크기의 원자가 절대적으로 작아서 관찰 불가능하다고 해도, 미래에 개발될 첨단 도구를 통해 나노 크기의 원자를 관찰할 수 있는 가능성은 존재한다. 도구의 관찰력이 커질 가능성은 나노 크기 원자의 인식의 한계를 부인할 수 있는 단서로 작용할 수 있다. 이에 도구적 관찰 가능성은 가능성에 불과한 것이며, 또한 첨단 기술의 발전에 힘입어 뛰어난 관찰력을 지닌 도구가 개발된다고 해도 여전히 관찰자와 관찰 대상사이의 인식적 간극은 존재한다고 할 수 있다. 미래에 뛰어난 관찰 도구의 개발은 관찰 대상과 관찰 주체 사이의 인식적 간극을 줄일 수는 있어도, 그런 인식적 간극을 완전히 제거할 수 없기에 말이다. 나노 크기의 원자에 관한 인식의 한계 또는 그것과 인식 주체 간의 인식적 간극이 있음을 인정한다고 해도, 여전히 우리는 나노 크기의 원자의 조작 가능성 때문에 그것의 실재성을 부인하기 어려울 것이다. 예를 들어, 시각장애인의 경우, 어떤 대상을 관찰할 수는 없지만 그 대상을 조작할 수 있으며, 그런 과정을 통해 사소한 것일지라도 세계에 대한 어떤 변화를 일으킨다. 이와 유사하게 우리가 나노 크기의 원자를 일상적으로든 도구를 통해서든 관찰할 수 없다 해도 그것을 조작하는 것은 가능하다. 관찰이 이루어져야만 반드시 조작 가능한 것은 아니다. 대신 어떤 것을 조작할 수 있다는 사실만으로도 충분히 그 대상이 실재한다고 할 이유를 가진다. 이점에서 조작 가능성은 어떤 대상의 인식의 한계와 그 대상의 실재성을 양립 가능하게 한다. 그리고 나노 크기 원자의 조작가능성은 단순히 가능성에 불과한 것이 아니다. 스몰리의 주장처럼 나노 크기의 원자를 기술적으로 조작하고 통제하기 어렵다고 해도¹²⁾, 실제로 다양한 나노 제품이 생산되고

12) 드렉슬러에 의하면, 문자 어셈블러는 원자 수준의 정확성을 가지고 문자에 기계적으로 반응할 것이고, 그런 방식으로 복잡한 화학합성을 통제할 수 있다. 그러나 스몰리에 의하면, 드렉슬러에 의해 요구된 원자적 수준에서의 정확성을 가지고, 개별적인 원자를 고르고 배열하는 것이 불가능하다. 왜냐하면 그렇게 하기 위해서는 수많은 핑거스(fingers)를 가진 나노봇(nanobots)이 원자를 고르고 배열할 수 있어야 하는데, 조작기구인 핑거스는 너무 두꺼워서 원자를 집어낼 수 없고, 핑거스가 원자를 집어낸다 해도 너무 끈적거려서 핑거스에 원자가 붙어버려서 원하는 위치에 원자를 배열

있으며, 그러한 제품을 생산하는 과정에서 나노 크기의 원자가 어떤 식으로든 조작됐을 것이기에 말이다. 나노 제품을 상용화하기 위해서는 나노 크기의 원자에 대한 도구적 현상을 토대로 나노 크기 원자와 같은 이론적인 존재자가 실제로 있음을 가정한 다음 실험이 수행되었을 것이고, 마치 그런 이론적 존재자가 실제로 존재했을 경우 발생했었을 것과 동일한 실험 결과를 도출했을 것이다. 이러한 실험과정에서 나노 크기의 원자가 조작되고 있다고 할 수 있다. 물론 나노 크기의 원자가 아닌 다른 이유 때문에 해당실험결과가 발생했었을 수도 있는 가능성은 배제하기 어렵지만 말이다. 그럼에도 조작 대상이 나노 크기의 원자가 아니었을 가능성은 다양한 실험 수행을 통해 계속해서 동일한 실험결과를 얻는 것으로 어느 정도 배제할 수 있을 것이기 때문에, 나노 제품의 생산과 상용화의 과정에서의 나노 크기 원자의 조작 가능성은 그것이 실재한다는 강한 증거가 될 수 있다. 그렇다면 어떤 대상의 조작가능성이 개입하는 한에서는 인식의 한계 혹은 일상적인 관찰 불가능성 때문에 어떤 대상이 실재하지 않는다는 반실재론적 주장은 유지하기 어려워 보인다. 따라서 나노 크기의 원자는 단순히 이론적인 도구가 아니라 실재하는 것으로서 현상을 촉발하는 원인으로서의 물자체와 같은 것으로 이해하는 것이 자연스러울 것이다. 즉, 나노 크기 원자에 관한 실재론적 입장을 취하는 것이 적절해 보인다. 하지만 기존의 방식대로 이론적 실재론을 취하는 것은 어려움이 따른다. 그 이유는 기존의 과학 실재론을 정당화함에 있어서 수많은 문제가 제기되었고, 그에 따라 과학적 실재론을 기존과 같은 방식으로 고수할 수 없게 되었기 때문이다. 이를 좀 더 명확히 하기 위해서, 다음 절에서 나노 기술에서의 원자나 분자에 관한 과학적 실재론의 입장이 어떻게 전개될 수 있는지를 살펴보고, 그에 대한 반론들을 살펴보자.

할 수 없기 때문이다. Bueno (2006), pp. 30-3.

나노 크기의 원자는 우리 눈에 보일 수 없을 정도로 매우 작음에도 불구하고, 1980년대 초반에는 부조이미지로, 1980년대 중반에는 격자이미지나 색깔이미지로, 1980년대 후반에는 주사형 터미널 현미경 개발과 더불어 구 모양의 이미지로 재현되었다. 나노 크기의 원자가 이미지로만 관찰될 뿐이고 그 자체로는 직접 관찰될 수 없다고 해도, 그런 이미지를 근거로 실험실 안에서 나노 크기의 원자는 조작될 수 있다. 물론 이에 대해 나노 원자 자체가 조작되는 것이 아니라 나노 원자의 존재에 기반한 실험이 조작 가능한 것이라는 의문이 있을 수 있다. 하지만 실험실 안에서 나노 크기의 원자가 직접 조작되고 있는 사례는 얼마든지 있다. 예를 들어, 암세포를 표적으로 하는 나노봇이 개발되고 있는 것처럼 말이다. 이점을 고려한다면, 나노 크기의 원자에 관한 이미지는 실재하지 않는 어떤 것을 표상한 것이 아니라, 실제로 존재하는 나노 세계를 표상하는 것처럼 보인다. 게다가 나노 크기의 원자에 관한 이미지를 토대로 실험을 계획하고 수행함으로써 실제 세계의 변화를 이끌어 낸다. 따라서 나노 크기의 원자가 실제로 존재한다는 것이 우리의 직관에 가깝다. 하지만 이런 직관은 기준의 이론 중심의 과학적 실재론을 통해서 지지되기는 어려운 상황이다. 그 이유는 기준의 이론 중심의 과학적 실재론이 여러 반론에 직면해 있기 때문이다. 기준의 과학 실재론을 옹호하는 이론인 최선의 설명에의 추론이 많은 문제점을 지니는 것처럼 말이다.¹³⁾

과학적 실재론자는 과학의 목적이 세계에 대한 참인 기술을 제시하는 것이라고 주장한다. 세계에 대한 참인 기술을 제시하기 위해서는 세계가 실재한다는 것을 수용해야 한다. 만약 세계가 실재하지 않는다고 한다면, 세계에 대한 기술이 참인지를 결정할 수가 없다. 그런 다음 실재하는 세계를 기술한 내용이 그 세계와 대응한다면 그 기술은 참이 된다. 실재하는 세계에는 관찰 가능한 것은 물론이고 관찰 불가능한 것도 포함된다. 이런 연유로 과학적 실재론자는 우리가 관찰 불가능한 실재에 대한 실질적인 지식을

13) 해킹 (2005), pp. 116-123.

갖는다고 믿는다. 과학적 실재론의 입장은 최선의 설명에의 추론을 통해 지지될 수 있다. 최선의 설명에의 추론은 어떤 현상을 설명하는 다양한 가설이나 이론들 중에 그 현상을 가장 잘 설명해 주는 이론이나 가설을 참인 것으로 수용하는 방법이다.¹⁴⁾ 최선의 설명에의 추론에 의하면, 과학 이론에서 가정하는 관찰 불가능한 이론적인 존재자가 실재한다는 것을 정당화 할 수 있다. 예컨대, 나노 크기의 원자에 관한 이미지를 생각해 보자. 나노 크기의 원자에 관한 이미지는 주사형 터널 현미경을 통해 만들어 지는데, 그런 이미지는 주사형 터널 현미경의 탐침이 시료 표면에 전기 파장을 쏘아서 얻은 다양한 자료들을 이미지로 변환시킨 것이다. 양자 덫 이미지나 나노 크기의 IBM 이미지처럼 말이다. 여기서 우리는 그 이미지가 나타나는 현상을 설명하려고 할 때, 나노 크기의 원자가 실제로 존재하기 때문에 그런 이미지가 만들어진다고 하는 것이 최선인 것처럼 보인다. 물론 주사형 터널 현미경이 임의로 만들어낸 이미지라고 할 수도 있다. 하지만 주사형 터널 현미경과 다른 전자 현미경을 통해 유사한 이미지를 반복적으로 동일하게 만들어 낼 수 있기 때문에 나노 크기 원자 이미지의 임의성과 우연성은 배제될 수 있다. 따라서 최선의 설명에의 추론에 의하면, 나노 크기의 이미지를 통해서 나노 크기의 원자의 존재를 추론하는 것은 정당한 것처럼 보인다. 또한 최선의 설명에의 추론에 의하면, 최선의 과학 이론은 참이고, 그것을 통해 최선의 과학이론이 포함하는 관찰 불가능한 대상이 존재한다고 할 충분한 이유가 있다. 예컨대, 모든 물질이 나노 크기의 원자들로 구성된다는 나노 원자이론을 생각해 보자. 나노 원자 이론은 나노 세계에 대한 넓은 범위의 사실을 설명할 수 있다. 즉, 나노 원자 이론은 나노 세계를 설명함에 있어 최선의 설명력을 가진다. 이는 물질이 정말로 운동하는 나노 크기의 원자들로 구성되었다는 좋은 증거가 된다. 그리고 나노 크기의 원자를 가정하는 수많은 나노 원자 이론은 경험적으로 성공적이다. 다시 말해, 나노 원자 이론은 관찰 가능한 세계의 대상들의 운동에 대해 훌륭한 예측을 한다. 이런 사실에 대한 최선의 설명은 그 이론이 참이라고 하는 것, 즉, 문제의 그 대상이 실제로 존재하고, 그 대상이 그 이론이 주장하는 것처럼 운동한다는 것이다. 우리가 이러한 설명을 받아들이지 않는다면, 우

¹⁴⁾ Harman (1965), p. 89.

리 이론에 대한 경험적 성공은 설명되지 않은 신비스러운 것이 될 것이다. 이로써 과학적 실재론이 옳다고 믿을 충분한 이유가 있다고 할 수 있다.

하지만 과학적 실재론을 옹호하는 근거 중에 하나인 최선의 설명에로의 추론은 다음과 같은 문제점을 갖는다. 첫째, 최선의 설명에의 추론을 통해 과학적 실재론의 주장을 정당화된 것으로 봐야 할 것이지만, 그럴 수 없다. 인식적인 정당화에 관한 이론에는 토대론과 정합론이 있는데, 최선의 설명에의 추론은 인식적인 정당화와 관련해서 믿음들 사이의 정합관계에 의해 특정한 믿음이 정당화되는 것으로 보기 때문에 정합론에 속한다. 그렇기에 최선의 설명에의 추론을 승인한다면 그것은 인식적인 정당화에 관한 이론으로 정합론을 승인하는 셈이 된다. 그런데 정합론을 승인하기에는 여러 가지 어려움이 따른다. 그 중에서도 특히 정합론은 정합적인 믿음이 높은 개연성, 즉, 참일 개연성을 어떻게 담보하는지를 해명해야 함에도 불구하고 이에 대해 이렇다 할 적절한 답을 못하고 있다. 달리 말해, 최선의 설명에의 추론을 통해 과학적 실재론의 주장을 참이고 정당화된 것으로 받아들여야 하는데, 그렇게 되면 과학적 실재론의 주장들의 설명적 정합성과 정당화의 조건이 어떻게 연결되는지를 해명해야 하는 난점에 직면하게 된다. 따라서 최선의 설명에의 추론으로 과학적 실재론의 주장을 정당화하려는 시도는 적절해 보이지 않는다. 둘째, 최선의 설명에의 추론에 의하면, 예컨대, ‘A는 P에 대한 최선의 설명이다 → A는 참이다’의 추론이 성립한다. 그런데 이 추론이 성립하기 위해서는 최선의 설명에의 추론과 관련된 여러 가설들 중에서 어떤 가설이 참일 개연성이 높다는 것을 알아야 하는데, 경험적인 귀납추론이 정당화되지 않는 한, 그것을 어떻게 아는지 알 수 없다. 달리 말해, 어떤 믿음이나 주장이 최선의 설명이라는 것과 그 믿음이 참이라는 것을 우리가 심리적으로 연결하고 싶으면 하고 그렇지 않으면 연결짓지 않아도 되는 것인지에 관한 해명이 필요하다. 이러한 비판은 반 프라센에 의한 것으로서, 그는 설명이 진리에 이르게 하지 않음을 지적했다.¹⁵⁾ 셋째, 최선의 설명에로의 추론은 타당한 통계적 삼단논법의 경우를 잘 설명하지 못한다. 즉, 통계적 삼단논법은 타당한 추론임에도 불구하고, 설명적으로 정당화되지 않는다.¹⁶⁾ 예컨대, ‘어떤 상자 안에 들어 있는 공들 중에

¹⁵⁾ Van Fraassen (1980), p. 20.

95%는 뺄간색 공이다. 어떤 대상 x 는 그 상자 안에 들어 있는 공이다. 따라서 아마도 그 대상 x 는 뺄간색 공일 것이다'는 통계적 삼단 논법의 타당한 추론이다. 하지만 이것은 설명적인 정합성에 의해 정당화되지 않는다. 위 추론에서 전제들은 어떤 대상 x 가 왜 뺄간색 공인지를 설명하지 못한다.

이로써 최선의 설명에의 추론을 통해 과학적 실재론을 옹호하기에는 여러 어려움이 따른다는 것을 알 수 있다. 그러면 최선의 설명에의 추론을 통해 이론적 실재론을 옹호하는 대신 과학적 실재론을 옹호할 수 있는 다른 방법이 필요할 것인데, 그런 방법 중에 하나가 바로 이언 해킹의 실험의 조작가능성을 통한 존재자 실재론이다. 해킹이 실재론을 옹호하는 방식은 우리의 실재론에 관한 직관을 잘 설명해준다. 다음 절에서 이언 해킹의 존재자 실재론이 무엇인지를 살펴보고 나노 크기의 원자에 관한 실재론적 태도를 견지해 보자.

4

해킹에 의하면, 실재론과 반실재론 논쟁 속에서 기존의 과학철학은 표상에 그 초점을 두고 있었기 때문에 이론 중심적이었고, 그에 상응해서 실험의 중요성을 인식하지 못했다. 이 때문에 기존의 과학철학은 실재론과 반실재론의 논쟁 속에서 이론 중심적인 정당화 논쟁을 했고, 그래서 과학적 실재론에 대한 결정적인 논증이 없었다고 진단한다. 해킹은 이론 중심의 과학 대신 실험과학의 중요성을 강조하면서 실험의 조작가능성에 의해 실재론을 지지할 증거가 있음을 주장한다. 이론 중심적인 과학철학과 맞물려서 기존의 실험은 이론을 검증하는 것에 불과한 것으로 간주됐다. 하지만 해킹에 의하면, 실험은 단순히 이론을 검증하는 것이 아니다. "실험은 새로운 현상을 산출해 내기 위해서 그리고 자연에 존재하는 여타의 측면을 탐구하기 위해서 원리적으로 '관찰될' 수 없는 존재자들을 정규적으로 조작한다. 그것들은 연장이며, 사고하기의 도구가 아니라 하기를 위한 도구다."¹⁷⁾

16) 이병덕 (2010), p. 13.

17) 해킹 (2005), p. 427.

실험의 종류에는 이론검증 도구로서의 실험과 새로운 이론을 생산하는 실험이 있는데, 이 중에서 해킹은 후자의 실험의 역할에 주목한 것이다. 실험에는 그 어떠한 이론과도 무관한 사실획득 실험과 특정 이론과 유관한 사실 획득 실험이 있다. 얼핏 전자의 사실획득 실험이 불가능해 보이지만 어떤 실험 장치의 원리를 전혀 모르는 사람이 해당 실험을 수행할 수도 있다는 점에서 전자의 사실 획득 실험은 존재할 수 있다. 이에 대해 실험에서 행해지는 그 어떤 관찰이라도 이론에 오염되기 마련이라고 비판할 수도 있다. 하지만 해킹에 의하면, 이론의 적재성은 총체적인 것이 아니라 단지 부분적인 것일 뿐이다. 다시 말해, 이론의 적재성은 어떤 관찰이나 지각 판단에 전적으로 작용하는 것이 아니라 인식이나 판단에 부분적으로만 작용한다. 이론이 계속 변화해도 어떤 관찰은 계속해서 일정한 부분을 가지기 마련이다.¹⁸⁾ 즉, 어떤 실험에서 이론을 모두 제외해도 여전히 남는 어떤 관찰이나 실험 결과가 존재한다. 따라서 이론이 개입된 것처럼 보이는 관찰을 근거로 해서 이루어지는 실험은 일정부분 이론과 무관한 사실을 획득하는 실험을 포함할 수 있다. 그 어떤 특정한 이론과도 무관한 사실획득 실험을 통해 누적된 실험결과는 새로운 이론의 출현을 자극한다. 새로운 이론 생산 능력을 가진 실험은 이론을 검증하는 실험, 즉, 이론의 시험이나 이론의 정당화, 이론의 수용과 거부를 위한 실험과 대비된다. 이처럼 기존과 다른 실험에 대한 관심을 갖고서 해킹은 기존의 과학철학에서 수행한 과학적 실재론의 작업을 이론적 실재론으로 규정하고, 그것을 표상 중심적이라고 비판한다. 대신 해킹은 과학이론이 가정하는 관찰 불가능한 이론적 존재자가 실제로 존재한다는 과학적 실재론자의 주장은 실험을 통해 정당화 될 수 있다고 보았다. 왜냐하면 과학이론의 이론적 존재자는 물리적 세계의 다른 부분들에 변화를 야기하는 도구로서 우리들이 실제로 사용할 수 있기 때문이다. 달리 말해, 우리들이 이론적 존재자를 조작할 수 있고, 그것을 통해 세계에 개입할 수 있기 때문에 그것이 실제로 존재한다고 믿을 충분한 이유가 있다. 이에 대해 해킹은 다음과 같이 기술한다.

도구는 우리가 사용하길 원하는 존재자의 속성을 물리적으로 분리해낼

¹⁸⁾ Ibid., p. 334.

수 있어야 하고, 우리의 방식에 낼 수가 있는 모든 다른 효과를 감소 시켜야 한다. 우리가 자연의 더 가설적인 여타의 부분에 개입하기 위해 전자(electrons)의 잘 이해된 인과적 성질을 이용하는 새로운 종류의 장치들을 정규적으로 세우기 시작 - 그리고 이러한 세우기가 종종 충분한 성공을 거둔다 - 할 때 우리는 전자의 실재성을 완전히 확신하게 된다.¹⁹⁾

그리고 해킹은 조작과 개입의 역할을 강조하기 위해 현미경의 경우를 분석하면서, 다양한 종류의 장치들의 실험 결과나 현상의 일치를 제안한다. 광학 현미경과 전자 현미경은 서로 다른 장치이고 이들은 또한 다른 이론적 원리를 바탕으로 만들어 진다. 해킹의 견해에 따르면, 장치적, 이론적인 차이에도 불구하고, 어떤 대상에 대한 현미경적 이미지가 두 장치에서 동일하게 나타난다면, 즉, 장치에 조작 결과의 ‘일치’가 일어나면, 그 동일한 두 이미지를 도구가 만들어낸 인공물로서 보다는 실재적인 것으로서 파악할 수 있게 된다.²⁰⁾ 해킹은 이처럼 실험 속에서 조작되는 존재자의 실재론을 옹호한다.

5

나노 크기의 원자가 절대적으로 작고, 직접적으로 관찰 될 수 없다고 해서 그것을 실재하지 않는 것으로 간주하기 어렵다. 왜냐하면 나노기술 혹은 그것을 다루는 실험실에서 나노 크기의 원자는 끊임없이 조작되고 있기 때문이다. 나노 크기의 원자에 관한 조작가능성을 인정한다면, 우리는 나노 기술에서의 나노 크기의 원자를 실재하는 것으로 볼 증거를 가진다. 단 이론적, 표상적 의미에서 나노 크기의 원자를 실재하는 것으로 간주할 수 있는 것이 아니다. 대신 실험을 통해 나노 크기의 원자를 조작할 수 있고, 그러한 조작을 통해 세계에 개입할 수 있기 때문에 그것의 실재에 대한 증거를 확신할 수 있다. 하지만 이러한 주장은 여러 비판을 받기도 한다. 예를

19) Ibid., pp. 432-433.

20) 이상원 (2004), p. 70.

들어, 해킹식의 조작 가능성을 통한 실험 실재론에 대한 옹호가 여전히 최선의 설명에의 추론에 불과한 것이라는 비판이 있을 수 있다.²¹⁾ 전자 현미경을 통한 나노 크기의 원자에 관한 이미지가 실제하는 존재자에 기반한 것인지, 아니면 어떤 인공물에 기반한 것인지를 말하는 것 자체가 설명이라는 점에서 말이다. 만약 해킹이 옹호하는 실험 실재론이 최선의 설명에의 추론에 기반한 것이라면, 앞서 살펴본 바와 같이 최선의 설명에의 추론을 정당화하기에는 여러 어려움이 따르기 때문에, 해킹의 주장은 유지되기 어려울 것이다. 또한 해킹의 논변은 실재론을 옹호하기 위한 이론 과학의 성공 논변은 아니더라도 ‘실험’ 과학의 성공 논변에 불과하고, 실험 수행 자체에 혹은 실험의 성공 여부를 판가름함에 있어서 이론의 개입이 불가피하고, 그렇기 때문에 실험을 통해 개입은 이루어는 것은 맞지만, 그런 개입은 표상에 의해 인도된다는 비판도 있다.²²⁾ 이와 관련해 해킹의 입장에서 어떤 것이 실제하는지의 기준을 제시한 것이 아니라고 할 수 있을 것이다. 어떤 대상이 실제로 존재하는지의 기준에 관해 말한 것이 아니라 어떤 대상이 존재하는 최선의 증거로서의 조작 가능성을 말한 것이라고 말이다.²³⁾ 이러한 관점에서 나노 크기의 원자의 조작 가능성은 그것이 존재하는 최선의 증거가 될 수 있고, 그렇다면 나노 크기의 원자를 존재하는 것으로 간주할 수 있을 것이다.

²¹⁾ Reiner and Pierson (1995), p. 64.

²²⁾ Resnik (1994), pp. 402-11.

²³⁾ Hacking (1995/1996), p. 540.

참고문헌

- 김기현 (2004), 「이론적 합리성과 실천적 합리성」, 『철학사상』, 19권, 서울대학교 철학사상연구소.
- 백종현 (2008), 『존재와 진리』, 철학과 현실사.
- 이병덕 (2010), 「최선의 설명에로의 추론과 보겔의 반회의론 논증」, 『철학적 분석』, 22권.
- 이봉재 (2000), 「지식으로서의 과학 - 기술과학테제에 대한 반론」, 『철학연구』.
- 이상원 (2004), 「실험 결과 타당화 전략」, 『과학철학』, 7권 2호, 한국과학철학회.
- 이언 해킹 (2005), 『표상하기와 개입하기』, 이상원 옮김. 한울아카데미.
- 이중원 (2008), 「기술의 존재론적 담론에 대한 반성과 새로운 모색」, 『시대와 철학』 19권 3호.
- 정광수 (2002), 「해킹 실험 실재론의 결점 배우기」, 『범한 철학』, 26권, 범한철학회.
- 황문수 (1996), 「칸트와 물자체」, 『인문학연구』, 제1권, 경희대학교 인문학연구소.
- 지준호 (2007), 「나노물질과 나노제품 그리고 상용화 문제」, 『공기청정기술』, 한국공기청정협회.
- Bueno, O. (2006), "The Drexler-Smalley Debate on Nanotechnology: Incommensurability at Work?", *Nanotechnology challenges*, World Scientific, pp. 29–48.
- Dickson, M. (2008), "Images of the Nano-Scale", *Publications of the Korean Philosophy of Science Association*, 2008, pp. 5–30.
- Hacking, I. (1995/1996), "Comments On Zeidler & Sobczynska's paper", *Foundations of Science* 4: pp. 537–42.
- Harman, G. (1965), "The Inference to the Best Explanation",

- Philosophical Review*, 74: pp. 88–95.
- Hennig, J. (2006), “Changes in the Design of Scanning Tunneling Microscopic Images from 1980 to 1990”, *Nano technology challenges*, World Scientific, pp. 143–63.
- Nordmann, A. (2006), “Noumenal technology: Reflections on the Incredible Tininess of Nano”, *Nano technology challenges*, World Scientific, pp. 49–72.
- Okasha, S. (2002), *Philosophy of Science: A Very Short Introduction*, Oxford.
- Reiner, R. and Pierson, R. (1995), “Hacking’s Experimental Realism: An Untenable Middle Ground”, *Philosophy of Science*, 62(1): pp. 60–9.
- Resnik, D.B. (1994), “Hacking’s Experimental Realism”, *Canadian Journal of Philosophy*, pp. 395–412.
- Schiemann, G. (2006), “Nanotechnology and Nature: On Two Criteria for Understanding Their Relationship”, *Nano technology challenges*, World Scientific, pp. 73–99.
- Van Fraassen, B.C. (1980). *The Scientific Image*, Oxford.

논문 투고일	2014. 02. 04
심사 완료일	2014. 03. 10
게재 확정일	2014. 03. 13

On Realistic Views to the Nano-size Atoms

Young Ah Jo

It seems impossible to observe the nano-size atoms from 1 nano-meter to 100 nano-meter via bare eyes, observation apparatus, or anything else, because of their absolutely small size. The unobservability of the nano-size atoms leads to the conclusion that they are unreal. However according to Hacking, if an entity is manipulatable, that fact can be an evidence for its realness, although it is unobservable. Based on his idea, this paper discusses how we can defence the realism for the nano-size atoms. I first critically consider Nordmann's idea that emphasizes the limits of knowledge about the nano-size atoms understood in terms of Kant's things-in-themselves. And then, I argue for a realistic approach to the nano-size atoms founded on non-theoretical realism supported not by IBE but by experimental realism of which evidences are supported from manipulability. Lastly, I argue that we can stick to the realistic attitude to the nano-size atoms by critically reviewing the experimental realism.

Key Words: nano-size atoms, Kant's things-in-themselves,
IBE, manipulability, experimental realism