

보어와 실재론 논쟁*†

김 유 신‡

이 논문은 닐스 보어의 상보성을 실재론, 전체론의 논의를 통해 다원주의 문제를 해결하려는 거대한 프로젝트의 한 부분으로 작성되었다. 보어의 상보성은 전통적으로 반실재론으로 해석되어왔지만, 최근에는 보어에 대한 철학자들의 새로운 조명으로 보어에 대한 실재론 논쟁이 많이 있다. 그 이유는 보어의 주장들을 살펴보면, 실재론적인 요소와 검증주의적 요소가 섞여 있기 때문이다. 이 논문에서는 서론에서 양자역학의 형성 역사에 관한 간단한 언급을 하고, 보어에 대한 기존의 실재론-반실재론 논쟁을 비판적으로 검토하여 보어의 상보성을 보다 깊이 이해할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 보어에 대한 주요한 반실재론적 해석들, 파인, 벨러, 그리고 파이에 등을 비판적으로 평가하고, 그리고 실재론적 해석으로서 폴스 등을 비판적으로 다루어 이들의 한계점을 지적하여 보어의 철학이 더 잘 드러나게 한다.

【주요어】 보어, 상보성, 반실재론, 실재론, 파이에, 객관적 반실재론, 파인, 벨러, 폴스

1. 서론

1900년 플랑크의 작용양자의 발견은 물리학의 토대에 대한 변화를 주었지만, 이것의 의미를 깨닫도록 한 것은 1905년 아인슈타인의 광량자에 관

* 접수완료: 2008.06.06/ 심사 및 게재확정: 2008.12.02/ 수정완성본접수: 2008.12.11

† “이 논문은 2008년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임”(KRF-2008-327-H00001)

‡ 부산대학교 전자전기통신공학부, 컴퓨터 및 정보통신 연구소

한 작업이다.(Heisenberg, 1955, 12) 아인슈타인의 광량자 가설 이후, 양자 이론은 20여 년 간이나, 여전히 작용양자의 중요한 의미를 알지 못한 채, 그리고, 그것의 원리가 무엇을 의미하는지를 깊이 탐구하지 않은 채, 발전해왔다. 즉 자유공간 속에서는 파동으로서 움직이는 복사에너지가 물체 속에서는 입자로서, 일종의 에너지 알갱이로서 작용한다는 모순적인 이론을 어떻게 받아들여야 하는가에 대한 논의를 본격적으로 하지 않은 채 20년이 지난 것이다. 보어는 빛은 파동이라고 굳게 믿었기 때문에, 크래머(Kramer), 슬레이트(Slater)와 더불어 1924년 논문(Bohr, Kramer, Slater, 1924 이하 BKS)을 발표하여 복사에서 보이는 입자-파동의 이중성의 역설을 합리적인 물리학으로 해결하려고 시도했다. 여기서 보어는 에너지 보존 법칙은 통계적 평균에만 성립되는 것으로 주장하고, 그로 인해 입자 현상이 나타난다고 여겨, 빛의 입자설을 부정하려 했다. 그러나, 이듬해 1925년에 베테(Bothe)와 가이거(Geiger)는 콤프톤 효과를 이용하여 에너지 보존의 법칙은 - BKS에 의하면 통계적 평균에만 적용되는 것이다 - 개별 과정에도 타당하다는 것을 보여주었고, 1925년 봄에 보어와 하이젠베르크의 토론은 하이젠베르크에 영향을 주어, 매트릭스 역학의 기초가 형성되었다.(Heisenberg, 1925) 이 매트릭스 역학은 원자시스템의 고전적 시공간 기술에 대한 의존을 완전히 배제하고, 원자시스템과 복사 사이의 상호작용에서 관찰변수의 값을 예측하기 위해 필요한 논리적으로 일관된 수학적 형식을 제공하는 알고리즘의 발명이라고 할 수 있다. 이것이 새로운 체계적 양자 역학의 첫 번째 표현이다. 물론 순수한 형식적인 수학적 도식과 그러한 상호작용 속에 개입되어 있는 물리적 과정의 기술과의 연결은 애매하게 남겨 놓고 있다.(Folse, 1985, 80) 뒤이어 같은 해에 보른과 조르단이 하이젠베르크와 더불어 하이젠베르크의 이론을 매트릭스 역학으로 완성했다.(Born, Heisenberg and Jordan, 1926) 보어는 이 매트릭스 역학을 통해서 고전적 기술이 무너지는 정확한 점을 결정하도록 자극을 받았다. 보어는 하이젠베르크가 자연에 대한 과학적인 기술을 위해서는 관찰되는 현상의 예측을 위한 수학적 형식적인 기술로 만족하려 했던 것과는 달리, 더 이상의 것이 있어야 한다고 생각했다. 보어는 관찰될 것이 무엇인지를 기술하기 위해

수학적 형식을 적용하는데, 이 때 이 적용이 무엇인지를 이해하려면, 원자 시스템의 속성을 결정하는 관찰을 사용하여, 기술하려는 물리적 상호작용 속에서 무엇이 일어나는지를 개념적으로 표상할 수 있어야 하는 것이 꼭 필요하다고 생각한다. 보어의 이러한 탐구 방식이 궁극적으로 그로 하여금 상보성을 발견하도록 이끌었다.

쉬뢰딩거는 1926년 봄, 드브로이의 작업에 기초하여 파동역학을 발전시켜, 1926년 중반에 양자이론에 대한 수학적 작업의 가장 중요한 부분을 완성하였다. 쉬뢰딩거의 파동역학은 보어와 하이젠베르그의 이론과 달리 불연속적 에너지의 존재나 양자도약을 부정하고, 양자이론을 간단한 고전적 파동이론으로 해소시키려 하였다. 보어는 이러한 문제로 인해 1926년 9월에 쉬뢰딩거를 코펜하겐으로 초청한다. 그는 보어, 하이젠베르그와 당시의 첨단의 양자이론에 관한 문제들을 토론했다, 그러면서도, 쉬뢰딩거는 비록 여전히 양자도약을 받아들이기를 거부했지만, 코펜하겐에게 새로운 관점을 가져다주었다.

하이젠베르그에 의하면, 쉬뢰딩거의 코펜하겐 방문 이후 몇 개월 동안의 집중적인 연구 결과, “양자이론에 대한 코펜하겐 해석”이 나오게 되었다고 한다. 보어는 파동역학에 의해 얻어진 새롭고 단순한 그림을 이론의 해석에 도입하고, 하이젠베르그는 변환매트릭스를 가지고 모든 가능한 물리적 실험을 설명할 수 있는 완전한 해석을 얻게 되었다. 1927년 보어는 상보성을 발견하고, 하이젠베르그는 어떻게 실험적으로 주어진 상황으로부터 수학적 표상으로 만들 수 있는가에 관한 문제를 힐베르트 공간의 벡터로서 표상될 수 있는 상태들만이 자연에서 일어날 수 있거나 실험적으로 구현할 수 있다는 가정을 함으로서 해결했다.(Heisenberg, 1955, 15) “양자역학에서는 실재상태들은 항상 힐베르트 공간의 벡터로서 표현될 수 있다는(혹은 그러한 벡터들의 “혼합(mixtures)”) 것이 이제는 가정되었다. 불확정성 원리는 이러한 가정의 단순한 표현이다.”(ibid.)

보어가 1927년 솔베이 학회에서 상보성을 발표하고 난 후 그것은 학자들에게 일반적으로 받아들여지고, 양자이론의 모든 실천적 적용의 기초를 형성하게 되었지만, 나중에 정통 이론으로 비판을 받게 되었다.(ibid,16)

이러한 양자이론의 출현과 발전에는 많은 인식론적 문제들이 제기되었다. 이 논쟁은 초기에는 양자역학이 지니는 통계적 성격에 대한 아인슈타인의 비판과 더불어, 결정론과 비결정론 논쟁이 중심을 이루었다가 포돌스키, 로젠, 아인슈타인이 EPR 논제로 알려진 “양자역학은 완전한 이론인가?”라는 논문을 발표하고 난 후 보어의 반론과 더불어 논쟁의 중심은 양자역학적 세계에 대한 기술과 물리적 실재의 관계로 옮겨갔다. 전통적으로는 아인슈타인과 보어의 논쟁을 실재론자인 아인슈타인과 반실재론자인 보어의 논쟁으로 해석하고 보어의 반실재론이 승리한 것으로 평가했다. 최근에는 이러한 전통적 견해와 달리 보어를 실재론으로 해석하는 학자들도 많다. 후커(Hooker 1994), 폴스(Folse 1994), 머독(Murdoch 1987), 호너(Honner 1994) 등이 그 대표적인 예이다. 이들은 상당수는 보어가 원자시스템의 객관적 실재를 굳게 믿고 있다고 논증하지만, 보어의 다른 측면을 고려하면, 이들 해석들은 하나로 묶어지지 않고 여러 스펙트럼을 가진다.

보어에 대한 반실재론적 해석으로서 플로트니스키(Plotnisky 1994), 크립스(Krips 1994), 파이에(Faye 1994), 벨러와 파인(Beller & Fine 1994) 등이 있다. 호너(Honner 1994)는 보어와 데리다를 비교하여 구성주의적인 경향을 지닌 반실재론자로 해석한다. 이처럼 반실재론적 해석에도 여러 형태의 스펙트럼이 있다. 이외에도 많은 학자들이 보어에 대한 실재론-반실재론 논쟁에 참여하고 있다.

이 논문은 보어의 상보성과 다원주의의 관계를 논의하려는 거대한 프로젝트의 한 부분이다. 이를 위해 실재론, 전체론, 상보성을 논의하여야 하는데, 여기서는 보어와 관련된 실재론-반실재론 논쟁을 다룬다. 먼저 실재론의 극단적 주장이라 할 수 있는 신적인 관점(God's eye view)과 보어를 다루고, 다음으로 반실재론적 해석을 주장하는 학자들로서는 파인과 파이에를 주로 다루고 그들의 문제점을 지적할 것이다. 마지막으로 보어를 실재론적으로 해석하는 폴스의 주장을 다루면서 폴스의 한계를 지적하고자 한다.

2. 보어와 신적인 관점(God's eye view)

퍼트남은 형이상학적 실재론을 비판할 때, 신적인 관점이란 용어를 사용한다. 이 신적인 관점이란 용어는 퍼트남이 자신이 이전에 취했던 형이상학적 실재론을 분명히 하고 그것이 정합적이지 못하다는 것을 보이고, 내적 실재론을 제안하고 그 내적 실재론을 정당화하는데 많은 도움을 준 용어이다.(H. Putnam, 1978, *Meaning and Moral Science*, 참조) 이 신적인 관점은 이처럼 논의 초점을 이해하는 데에 중요한 역할을 한다. 이 용어는 또한 양자이론에 대한 실재론적 이해가 무엇인지, 그리고 보어의 양자역학에 대한 태도가 어떤 것인지를 분명히 하는 데에 도움을 주기 때문에, 필자는 여기서도 이 신적인 관점을 가지고 양자역학의 개념과, 보어의 이론을 분명히 하려 한다.

보어는 원자의 실재와 외부세계의 존재를 다음과 같이 굳게 믿고 있다.

“물리학에서 우리의 문제는 외부세계에 대한 우리의 경험의 조정에 있다....”(Bohr, 1929a, 1)

“원자의 실재에 관한 모든 의심은 제거되어왔고 원자들의 내적 구조에 대한 자세한 지식을 획득함에 따라, 우리는 우리의 지각 형식의 자연적 한계가 교훈적인 방식으로 생각나게 한다”(Bohr, 1929c, 103)

동시에 보어는 원자에 관한 지식은 객관적이라는 생각을 깊이 가지고 있다.¹⁾

-
- 1) 여기에서는 오해가 있을 수 있다. “어떤 개별 관찰자”에로도 향하여 있지 않다는 말을 ‘원자 현상에 대한 기술의 객관성’으로 그리고 이 기술의 객관성을 개념 틀 내부에서의 객관성으로 해석할 수 있다. 경험주의 입장에서 이론 미결정을 믿으면, 이 객관성은 실재론의 근거로 사용할 수 없으나, 보어가 간주관성이라는 말을 사용하지 않고, 관찰자와 관찰대상의 상호작용을 고려하는 상황에서 이 말을 사용한 것은 그리고, 보어가 자신을 실증주의자가 아니라고 하는 것을 보면, 보어는 이론 미결정을 믿지 않는 것 같다. 따라서 객관성이라는 용어를 개념 틀 독립적으로 사용한 것으로 해석하는 것이 타당하다고 본다. 물론 이것을 엄밀히 정당화

“원자적 대상에 관한 모든 애매하지 않은 정보는 실험적 조건들을 정의하는 물체에 남아 있는 항구적인(permanent) 흔적들-전자의 충돌에 의해 야기된 사진 건판 위에 생기는 점들과 같은 흔적-로부터 유도된다는 것을 기억하는 것 역시 필수적이다. 원자현상에 대한 기술은 이러한 점에서 어떠한 명시적 지시도 어떤 개별 관찰자를 향해 있지 않다는 의미에서 완벽하게 객관적인 성격을 가지고 있다.” (Bohr, 1968, 3)

직접 보어가 쓴 글은 아니지만, “소비에트 학자 마르코프에 의해 쓰여진 글에 의하면, 보어는 실브 교수에게 말하기를:미시 세계, 미시 대상은 우리의 의식에 독립적으로 존재한다”(A.M. Markov, 1990, Fan Diana, "Niels Bohr and Realism", p.282 재인용) 그리고 “다른 소비에트 물리학자 포크는 회고하기를 1957년 보어와 양자역학의 철학적 의미에 관한 일련의 대화에서 보어는 자신은 실증주의자가 아니고 단순히 자연을 정확하게 있는 그대로 생각하기를 시도했고 그리고 그는 완전히 원자들과 그들의 속성의 객관성을 인식하고 있다고 이야기했다.”(Graham, 1987, 337-8)고 그래함은 기록하고 있다.

위 인용문에서 보면 보어 자신은 원자들의 존재와 그들에 관한 우리의 지식이 주체와 독립적이며, 객관적이라는 것을 인정하는 실재론자라고 믿고 있는 것처럼 보인다. 그 때 보어의 실재론을 양자역학과 관련하여 살펴보자.

양자역학에는 불확정성, 확률 등의 개념을 사용하여 세계를 설명한다. 즉 ‘전자가 어떤 영역에 있을 확률은 얼마이고 위치가 정확히 주어지면 우리는 불확정성 원리에 의하여 운동량을 알 수 없다고 한다. 그리고 그 세계의 존재자에 대한 이야기를 하려면 반드시 확률을 사용한다. 그러면 불확정성, 확률이 세계와 어떤 관계를 지니는가? 신적인 관점을 가지고 생각해보자. 여기서 신적인 관점이란 세계의 존재는 위의 주관과는 완전히 독립적이다. 그러면서 라플라스(Laplace)의 초지적인(super intelligent) 존재자의 관점이다. 이 관점을 인정한다는 것은 즉 초지적인 존재가 있다면, 위

하려면, 보어 해석 전체와 연결되어 있으므로, 여기서 간단히 논증하기는 힘들고 또한 이 논증을 이 자리에서 미리 제시하는 것은 바람직하지 않다.

치가 정확히 주어지더라도 운동량을 정확히 알 수 있는가? 또는 전자가 어떤 영역에 존재할 확률이 얼마라는 것은 사라지고, 전자는 정확히 어디에 있다고 말할 수 있는가? 즉 불확정성 원리니 확률이니 하는 것을 피할 수 있는 것으로 보는 것인가?

“잘 알려져 있듯이 받아들일만한 어떠한 측정과정에서도 작용양자의 개입으로 인해, 원자 시스템의 상태에 관한 직접적 측정에 의해 얻어질 수 있는 정보는 표준적으로 공액변수의 쌍의 값에 관하여 상호적 허용범위(reciprocal latitude)를 항상 함축한다. 그 상호적 허용범위는 대응되는 상정들의 교환성의 결여에 의해 양자역학에서 그러한 변수의 값을 고정화 시키는데 부과되는 한계에 대응한다는 사실에 주의를 기울인 첫 번째 사람이 하이젠베르크이다.”(Bohr, 1938, 99)

하이젠베르크는 이 상호적 허용범위가 소위 불확정성 관계로 표현되고 이것을 유도했다. 이것이 곧 불확정성 원리이다. 그런데 하이젠베르크는 불확정성 원리를 설명하기 위하여 다음과 같은 사고 실험을 사용한다. 감마선을 전자에 쏘았을 때, 전자에는 변화가 생기고 감마선은 전자와 충돌하여 스캐터링을 일으킨다. 이 때 스캐터링의 렌즈의 지름을 현으로 하는 호의 각의 어느 위치에 있는지를 측정을 통해 알 수 없다. 이러한 설명에 의하면, 불확정성 원리란 정확한 운동량과 정확한 위치가 있는데, 측정의 한계에 의해서 불확정이 필연적으로 나올 수밖에 없다는 셈이다. 이 경우는 불확정성은 측정의 문제로서 인식론의 문제이지 존재론의 문제는 아닌 셈이다. 이러한 교란적 해석은 역시 신적인 관점, 즉 모든 것을 다 알고 있는 라플라스의 초지적인 존재의 입장에서는, 입자의 정확한 위치와 운동량을 알 수 있다는 것을 받아들이는 셈이다.²⁾

막스 플랑크 역시 신은 모든 것을 아니까 입자의 위치를 알면, 에너지와 운동량을 알 수 있을 것이라고 생각했다.

보어는 어떠한가? 보어는 이러한 신적인 관점에 동의하지 않는다. 보어

2) 하이젠베르크는 이 당시에 이러한 사고실험으로 불확정성 원리를 설명했지만, 보어와 대화를 통해서 이러한 해석은 철회한다.

는 하이젠베르그와 달리, 불확정성 원리를 입자가 파동의 성격을 갖고 있다는 것에서 기인한다고 보는 존재론적인 문제이고 그 결과 인식론적인 문제가 나오는 것으로 해석한다. 그에 의하면 그 둘은 따로 따로 대상에 적용할 경우에는 분명한 값이 있지만, 동시적으로는 대상에 적용될 수 없는 개념이라는 것이다. 이것이 고전역학의 일반화인 양자역학이 가르쳐주는 운동량과 위치의 개념이다. 이것은 마치 시간과 공간 개념이 무제약적으로 독립적으로 적용될 수 있다는 고전역학과는 달리, 상대성 이론을 통해서 그 두 개념은 무제약적이 아닌 서로 의존적인 개념으로 적용할 수밖에 없는 개념이라 알게 된 것과 마찬가지로 운동량과 위치라는 개념은 무제약적으로 사용할 수 없고, 즉 동시적 사용은 불가능하다는 제약을 가진 개념이라는 것이 보어의 주장이다. 따라서 신적인 관점에 서더라도 불확정성은 사라지지 않는다. 왜냐하면 보어에게는 세계가 그렇게 존재하는 것이기 때문이다. 보어에 의하면 양자세계를 파악하기 위한 것으로 신적인 관점이라는 사상은 그 자체로 잘 정의된 진술이 아니다.

막스 플랑크는 신적인 눈으로는 전자의 운동량과 위치를 정확하게 알 수 있을 것으로 생각했지만, 보어는 그렇지 않았는데, 두 사람의 대비되는 이러한 사상은 보어 자신이 죽기 하루 전에 ‘신적 관점’이라는 것에 대해 코멘트에 잘 나타나 있다. 그 코멘트는 소위 ‘최후의 인터뷰’이다. 여기에서 그는:

“막스 플랑크는 진실로 종교적이다. 그는 신과 같은 눈(a God-like eye)은 에너지와 운동량이 (위치가 알려졌을 때) 얼마인지를 분명히 알 수 있을 것이라고 말했다. 그리고 그것은 매우 어렵다. 그리고 나서 우리가 그것으로부터 돌아왔을 때, 나는 그에게 말했다. 당신은 그러한 관점(eye)을 이야기 했다; 그러나 그것은 한 관점이 무엇을 볼 수 있는 것에 관한 질문이 아니다; 그것은 안다는 것으로 당신이 무엇을 의미하는 지에 관한 질문이다.”(AHQP, ‘Last Interview’ with Bohr 17 November 1962, 8)(Favholdt 1994, 88 재인용)

보어는 신적인 관점의 수용이란 의미에서 정신독립적인 양자 세계의 존재는 부인한다. 우리는 세계에 독립적인 존재로서 세계를 관찰하는 것이

아니라, 세계의 한 부분으로서 세계를 관찰하기 때문에, 또한 세계의 부분으로서 세계를 알기 때문에, 플랑크의 질문을, “안다는 것으로 당신이 무엇을 의미하는지에 관한 질문이다.”라고 말하는 것이다. 보어의 이 인터뷰는 신적인 관점을 거부하면서 실재론을 주장하는 것으로 해석할 수 있지만, 반대로 이 인터뷰는, 보어를 도구주의자와 현상주의자로 오해할 수도 있다. 피터슨에 의하면:

양자역학의 알고리즘은 배후에 있는 양자세계를 어느 정도로 거울처럼 반영하는 것으로써 생각될 수 있는지를 질문 받았을 때, 보어는 답하기를, “양자 세계는 없다. 단지 추상적인 양자물리학적 기술만이 있다. 물리학의 임무가 자연이 어떻게 존재하는지를 찾아내는 것이 아니다. 물리학은 우리가 자연에 대해 무엇을 말할 수 있는지에 관심을 가진다.” (Petersen, 1963, 12)

고전역학이 적용될 수 있는 세계를 고전세계라 한다면, 양자역학이 적용되는 세계를 양자세계라고 부를 수 있다. 그런데 그 양자세계는 고전역학의 세계처럼 관찰대상과 관찰자의 경계는 분명히 선이 그어질 수 있는 세계로 물리이론에 의해 그것을 거울처럼 반영해 내보일 수 있는 그러한 세계는 아니다. 그러한 양자세계란 없다. 양자세계란 바로 관찰자와 대상이 서로 분리될 수 없는 전체로서 보는 세계인데, 마치 거울로 반영해서 볼 수 있는 고전역학과 다른 속성을 지니고 있는 세계가 양자세계인 것처럼 여기는 것은 잘못이라는 것이 보어의 지적이다. 보어는 이러한 의미에서 신적인 관점이란 의미를 거부한다. 동시에 그러한 의미에서의 정신독립적인 양자세계의 존재를 거부한다. 이것을 가지고 보어를 도구주의자나, 현상주의자로 보는 것은 잘못된 것이다.

보어가 세계를 파악하는 신적인 관점을 거부한다면, 보어의 사상은 어떤 입장이 될 수 있는가? 여기서 몇 가지 가능성을 살펴볼 수 있다. 첫째, 여전히 실재론을 유지하되 극단적인 형이상학적 실재론은 아닌 다른 형태의 실재론자로 보어를 볼 수 있다. 곧 내적 실재론자(Putnam, 1978)³⁾ 혹은, 도

3) Putnam은 그의 내적 실재론을 실용적 실재론(pragmatic realism)이라고도 한다.

구주의적 실재론자(Murdoch, 1994, 1990) 등등으로 보어를 볼 수 있다. 둘째로, 보어를 반실재론자로 보는 것이다. 이에 대한 예는 보어를 객관적인 반실재론자로 보는 것이다. 파이에가 그 대표적인 예이다. 셋째로, 보어를 경험주의자나 실증주의자라고 볼 수 있다.(Beller and Fine, 1994) 혹은 데리다와 같은 해체주의에 가깝게 취할 수도 있다.(Plotnisky, 1998) 넷째로 머독이나 파이에 등 많은 학자들은 정신독립적인 세계의 존재를 인정하나, 양자역학이 다루는 세계는 신적인 관점이 허용되는 의미에서 정신독립적인, 곧 관찰 독립적인 세계가 아니다. 양자이론은 신적인 관점이 허용되는 세계를 기술하는 것이 아니라, 우리의 관찰 수단과 관찰에 독립적으로 존재하는 세계와의 상호작용을 기술한다고 보는 것이다. 따라서 양자이론에 대해 실재론적인 혹은 반실재론적으로 해석을 한다는 것은 이 상호작용의 기술을 실재론적으로 이해하는가 아니면 반실재론적으로 보는가에 대한 해석이다. 즉 양자이론을 세계와의 상호작용에 대한 우리의 이해라 하면, 상호작용 이전의 세계를 다룰 수는 없다. 상호작용 이전의 세계에 대한 진술은 곧 물자체에 대한 진술인 셈이다. 따라서 이는 불가능하다. 이 점에 착안하여 보어를 칸트적인 입장과 유사하게 보는 학자들도 있다. 그러나 양자이론을 세계와의 상호작용에 대한 우리의 이해라 하더라도 불확정성 원리를 어떻게 보느냐 하는 것은 여전히 남아 있다. 뿐만 아니라, 양자 이론이 우리와 세계와의 상호작용을 기술한다고 하더라도 양자 세계에 대한 실재론-반실재론 논쟁은 여전히 해소되지 않는다. 머독(Murdoch, 1987, 1990)은 양자이론을 관찰자와 관찰대상의 상호작용에 관한 이론으로 보고 도구주의적 실재론을 강력하게 주장한다.

보어는 비록 정신 독립적인 세계를 인정하지만, 위의 의미에서 신적인 관점을 지지하지 않는다. 그렇다면 보어의 사상은 위에서 제시한 가능한 선택들 중 어떠한 것이 될 수 있을까? 위의 외부세계를 인정하는 듯이 보어는 보어의 주장만으로는 실재론으로 보기에는 부족하고 오히려 반실재론적으로 해석하는 것이 타당하다고 주장해야 하는가? 보어를 실재론적으로 보되 반실재론으로 보는 도구주의적 실재론(Murdoch, 1987, 1990)이 있는가 하면, 반실재론자이되 실재론에 가까운 객관적인 반실재론자로 보는

경우도 있다. 실재론 논쟁의 양 극단에 실증주의와 형이상학적 실재론을 놓을 때, 얻어지는 실재론-반실재론 스펙트럼에서 보어의 실재론은 그 사이에 어느 위치를 차지할 것이다. 다음 장에서는 보어의 주장을 실증주의적 성격이 많은 것으로 해석하는 아서 파인(Athur Fine)과 벨러(Mara Beller)의 보어 해석을 살펴보려 한다.

3. 벨러와 파인의 보어 해석

파인은 그의 책 *불안정한(shaky) 계량: 아인슈타인 실재론 양자이론이란* 책에서 보어를 실증주의에 가깝게 묘사하고, 벨타일 실험의 결과는 보어와 아인슈타인 누구에게도 손을 들어주지 않는다고 설득력 있게 논증하고 있다. 그는 나아가서 실재론 반실재론도 아닌 자연적인 존재론적 태도(natural ontological attitude)를 취할 것을 주장한다. 벨러와 파인(Mara Beller and A. Fine, 1994, 1-31)의 논문은 보어와 아인슈타인의 논쟁을 역사적으로 잘 복원시키고 보어를 실증주의에 가깝게 해석하고 있다. 그들에 의하면, 보어는 EPR의 반론에 직면하여, 그의 사고에서는 전환기를 맞는다.(Mara Beller and A. Fine, 1994, 16) 하이젠베르크는 불확정성 원리를 설명할 때, 자신의 사고 실험에서 사용하는 현미경에서 보이듯이, 물리적 교란이란 것을 주로 사용했다. 보어의 초기의 상보성 원리는 하이젠베르크와 더불어 그 형식이 측정 장치와 측정되는 원자적 대상의 상호작용으로 인해, 원자적 대상에 부과되는 교란이라는 관념(idea)에 의존해 있었다.(Beller, 1993, 244). EPR 사고 실험에서는 이 교란을 불확정성 원리의 핵심으로 보고 교란이 일어나지 않는 방식의 사고 실험을 제시한 것이다. EPR은 두 개의 서로 분리된 존재자를 사용해서 실험을 수행하기 때문에, 한 존재자의 관찰의 결과를 가지고 멀리 떨어져 있는 존재자의 물리량을 예측하는 것이기 때문에, 관찰 장치와 관찰 대상의 상호작용에 의한 교란은 원격작용을 인정하지 않고서는 일어난다고 보기는 힘들다. 따라서 보어는 양

자역학의 핵심인 불확정성 원리를 유지하려면, 더 이상 교란적 해석을 사용하기가 힘들다고 생각했다. 불확정성 원리에서 보이는 관찰에 의해 일어나는 상호작용으로 발생되는 이 교란은 측정의 통제 불가능성이다.

벨러에 의하면, 보어의 상보성은 크게 두 축을 가진다. 측정의 통제불가능성(uncontrollability)과 고전적 개념이다. 관찰에 의한 상호작용은 자연히 교란을 가지게 되고, 고전역학은 그 교란을 이론적으로 통제할 수 있지만, 양자역학에서는 그 교란의 통제할 수 없기 때문에, 이러한 통제 불가능성을 중요하게 생각하지 않을 수 없다. 그런데 보어는 EPR 이후 교란을 언급하지 않게 되는데, 그렇다면, 보어의 상보성에서 한 축을 버리거나 아니면, 새롭게 해석하여야 할 부담을 갖게 된다. 자연히 그의 상보성은 새로운 국면을 맞을 수밖에 없을 것이라고 벨러는 보았다.

교란이 없는 상황을 상정한 EPR 논의 결과로 인해 자연히 보어는 관찰에서 발생되는 통제불가능성을 사용할 수가 없다. 따라서 보어의 사고는 전환기를 맞이할 수밖에 없다.

이 전환기를 가지고 벨러와 파인은 물리적 교란을 더 이상 사용하기 힘든 상황에서는 보어가 해야 할 유일한 선택은 보어가 루아크(Ruark)의 유형, 즉 조작주의적 형태의 실증주의로 돌아가야 하는 것이다.(M. Beller and A. Fine, 1994, 16) 벨러와 파인은 하이젠베르그의 불확정성 원리가 나오는 논문(Heisenberg, 1927)은 조작주의의 토대 위에 서 있다고 주장한다. “초기에 하이젠베르그는 고상한 양자역학적인 형식을 모든 고전적-운동학적인 개념을 조작주의적으로 재정의함으로써 실험과 화해시키기로 시도했다.”(Beller and Fine, 1994, 18) 그러나 그들은 보어의 개념의 정의를 관찰에 의해서 규정하려는 하이젠베르그의 정의와 관찰의 합성본(conflation)에 이것은 전형적인 조작주의이다. 강하게 반대했다는 것을 알고 있다. 즉 “보어는 물리적 개념은 측정의 어떠한 과정에 독립적이고, 측정의 어떠한 과정 이전에도 잘 정의된 의미를 갖고 있다고 논변했다.”(ibid.)고 이야기한다. 그럼에도 불구하고 벨러와 파인은 보어를 실증주의로 해석하는 것은 어떤 근거에서인가?

보어는 불확정성 원리가 감마선 현미경의 사고 실험에서 보여주듯이 전

자의 위치를 관찰할 시에 일어나는 운동량 변화의 불연속성에서 온다고 보는 하이젠베르크와 달리, 불확정성 원리는 빛의 파동적 성격에서 온다고 보았다. 이 파동적 성격을 활용하여, 보어는 조작주의를 부정하면서, “관찰 가능한 시공간적 현상을 추상적인 양자 형식화(quantum formalism)와 연결시키기 위한 유일한 방법은 역시 양자 영역에서 시각화에 한계를 부과하는 파동-이론적인 상(imagery), 드브로이-쉬뢰딩거의 파동집적(wave packet)을 통하는 것이라고 원래 생각했다.”(ibid.) 그러나 원래 보어에게는 곧 정의(definition)와 관찰 사이에는 결코 동일성이 없었다.(Bohr, 1928, Beller, 1992 참조, Beller and Fine 1994, 18 재인용) 사실상 둘 사이에는 상호 배타성 혹은 상보성이 있었다. 필자가 보기에는 보어는 초기에는 입자-파동성을 수용하려는 태도를 거부하지만,(Bohr, 1924) 나중에는 BKS 이론의 실패로 빛의 입자-파동의 이중성을 받아들이지만, 도구주의나 조작주의 혹은 실증주의 경향으로 가기보다는 이를 해명하는 철학 곧 상보성을 개발한다. 보어의 상보성의 집착은 이론은 경험을 잘 취급하는 수학적 알고리즘이 이상의 기술하려는 물리적 상호작용 속에서 일어나는 메커니즘을 개념적으로 표상할 수 있어야 하는 것에 대한 믿음에서 온다. 이는 곧 실재론적 태도와 매우 가깝다고 볼 수 있다.

그런데 벨러와 파인은 보어의 상보성이 점차적으로 검증주의적 주장으로 변하는 것으로 기술한다. “보어의 상보성 원리는 초기에는 양자기술의 특이성, 비합리적인 것처럼 보이는 것을 직관적으로 의미 있게 하려는 시도였지만, 나아가서 모든 지식에 걸쳐있는(overarching) 원리로 진전했다. 점차 보어 저작들에서 의미에 관한 검증주의적인 주장으로 떠오르기 시작했다.”(Beller and Fine, 1994, 18) 보어가 검증주의적으로 가게된 것을 그들은 아래의 보어의 주장을 인용하여, 제시하려 한다.

EPR의 시기에 ‘해물리학에서 공간과 시간’이란 논문에서 보어는

“우리가 공간과 시간에 관해 이야기할 때, 그것은 측정도구와 시계장치와의 연결 속에서 우리가 사용하는 특정한 단어들을 단지 의미할 뿐이지, 우리는 그들이 무엇인가에 대해서는 대가를 지불해야 한다 - 즉 이러

한 측정 도구들은 통제불가능한 상호작용 속으로 들어간다.”(Bohr, AHQP:MSS 13, 21 March 1935, Beller and Fine 1994, 19에서 재인용)

벨러와 파인은 이 지분해야 할 내가, 즉 측정도구들이 제어 불가능한 상호작용에 개입된다는 말은 상보성의 중요한 요소인데 이것을 보어가 결국은 배후에 있는 실재성보다는 조작성에, 검증성에 무게를 둔다고 생각하는 중요한 단초로 보고 있는 셈이다. 필자가 보기에는 그들의 주장은 성급하다. 이 점을 잘 살펴보자.

통제 불가능한 변화의 의미는 곧 상호작용의 내부에 대한 지식을 갖는 것이 불가능하다는 것이다. 이 상황에서 취해야 할 방향은 3가지이다. 하나는 이론이 완전하지 못한 것으로 보고 여전히 새 이론을 찾는 방법, 둘째는 그것을 수용하되, 그럴 경우 이론은 관찰할 수 없는 이론적 지식을 인정해야 하기 때문에, 결국 검증주의로 해석하는 것, 셋째, 관찰자와 관찰대상을 전체성으로 보는 것이다. 관찰자와 관찰대상의 전체성 역시 내부 메커니즘에 대한 실제적 지식은 가질 수 없지만, 통제 불가능성을 수용한다. 보어는 양자역학이 완전한 이론이라고 믿기 때문에, 첫 번째는 자연히 논의에서 제외한다.

벨러와 파인은 세 번째보다는 두 번째인 조작주의나 검증주의에 더 큰 무게를 두고 있다. 그러면 파인은 어떤 근거로 보어를 세 번째 전체성을 부정하고, 두 번째인 실증주의로 해석하는가? 그리고 전체성을 주장하는 보어의 여러 구절들이나 문장들을 어떻게 처리하는가?

파인은 보어가 입자 파동의 이중적 실험 현상을 그동안 지녔던 파동 이론적 이미지를 가지고 원자 현상에 대한 분석과 이해하려는 태도를 벗어나서, 상보성을 제시하는데, 이 때, 상보성에 대한 논의는 위치와 운동량이라는 두 공액변수를 측정하기 위한 실험적 장치배열의 상호배타성의 증명으로 향한다고 주장하고, 벨러와 파인은 이처럼 두 실험적 장치의 배타성과 상호 배타적임이 궁극적으로 의존하는 측정상호작용의 제어 불가능성을 보어의 인식론적 분석의 핵심으로 파악한다. 그들은 이것을 “실증주의적인 선언의 (pronouncement) 중심적인 위치를 차지한다”고 한다. 즉 상보성이

실험장치의 배타성과 측정의 배타성이라는 것으로 설명하려는 것은 결국 관찰적 상황을 이용하여, 상보성을 표현하는 것으로 바로 실증주의인 사상이라는 셈이다. 이 점은 위의 3가지 방향 중에서 전체성을 거부한다면, 그들에게는 그러한 그렇게 보일 수밖에 없을지도 모른다. 필자가 보기에는 상보성에 대한 보어의 논의를 그렇게 해석하는 데에는 문제가 있다. 왜냐하면, 보어가 위에서(2장) 이야기 한 막스 플랑크와의 대화 같은 실재론적 주장을, 설명할 도리가 없다.

벨러와 파인은 나아가서 보어가 한 히치콕(Hitchcock) 강연에서 한 내용 일부를 인용하여, 보어가 검증주의 의미론을 가지고 있다고 한다. “우리가 ... 공간, 시간에 대해 이야기 할 때, 우리는 우리에게 대상의 행태와 어떤 측정 도구 사이에 있는 일련의 연결들을 정립(establish)시키도록 허용하는 어떤 실험적 장치를 가져야만 한다, 실험도구들은 공간과 시간이라는 단어들에 명확한 뜻을 주기 위하여, 두 단어를 위한 기준 틀(frame of reference)를 정의하는데 사용된다.(Bohr, 1937a, Lecture 6)”(Beller and Fine, 1994, 20) 벨러는 이러한 선언들을 아인슈타인이 시간 공간에 대한 의미를 정의할 때 한 것처럼 의미에 대한 검증주의 노선을 취한 것으로 해석한다.

벨러와 파인에 의하면, EPR이 양자역학의 불완전성에 대한 비판을 했을 때, 보어의 답변은 양자이론의 “건전성”, “정합성”, “합리성”, “모순이 없음”에 초점을 둔다고 한다.(Beller and Fine, 1994, 3-4) EPR에 대한 비판에서 보어가 본 주제는 숨은 변수, 국소성, 그리고 복합시스템의 분리된 부분의 독립적 실재의 개념이 아니고, 교란의 개념에 대한 것이다. 파인에 의하면, 양자 역학에서 관찰은 조그만 양자대상과 측정의 거대한 도구와의 만남이란 그림을 가지고 다루어 왔다. 보어는 기술적으로 그러한 이미지를 양자 영역은 새로운 관찰 상황, 측정에는 대상과 도구의 상호작용으로 인한 교란이 있기 때문에, 대상-도구로부터 대상의 초기 상태를 추론하는 고전적 아이디어를 제한시키는 상황을 제시했다. 그러나 이러한 보어의 방향과는 달리, 벨러와 파인은 “EPR은 측정하지 않은 시스템은 교란되지 않았고, 그리고 이러한 특징은 보어가 세운 모든 건축물을 약화시키도록 위협

하도록 설계되었다.”(Beller and Fine, 1994,28)고 주장한다.

비국소성에 대해서는 벨러와 파인에 의하면, 보어와 아인슈타인은 그들 모두 인정하지 않기 때문에, 서로 차이가 없고, 그들의 차이는 측정 자체에 있다. 아인슈타인에게는 측정이란 측정되기 위해 이미 거기 있었던 어떤 실재를 지시하는 데에 증거를 제공하는 것이고, 보어에게는 측정은 실재를 구성하는 것으로(Beller and Fine, 1994, 26) 벨러와 파인은 해석한다. 만약 이 해석이 맞다면, 보어는 실증주의보다 구성주의에 더 가까울 수 있다. 물론 이것은 구성의 의미를 어떻게 보는가에 의존한다.⁴⁾

세 번째 가능성인 전체성에 대한 문제는 벨러와 파인은, 보어가 “EPR 이후에 교란에 관한 언급은 유보하는데 그것은 비국소적 상호작용의 개념을 받아들이는 것이 아니다. ... 보어는 수행된 실제적 측정들은 실제현상의 어떤 기술에 포함될 필요가 있다고 단지 논변하는 것뿐이다; 즉 측정 결과를 해명하는 데 있어서. 이러한 경향(lean), 실증주의적인 관점을 실재하는 속성과 실재하는 존재자들의 전체론으로 부풀리기는 어렵다.”(Beller and Fine, 1994, 24)라고 하여 거부한다. 아예 보어의 교란에 대한 언급 유보를 실증주의적 경향의 표현으로 보고 이것을 전체론으로 본다는 것은 힘들다고 하는 것이다.

벨러와 파인은 보어에서 보이는 전체성을 다음과 같이 해석한다.

“전체성(wholeness)을 사용하는 것은 양자현상을 기술하기 위해서 전체적인 실험적인 장치를 명기하는 것이 필요하기 때문에 그렇게 한 것이며, 그것도 실증주의적 관점에서 그 때 필요성을 지시하는 데에 불과하다. 1935년 이후에는 미시대상과 거시적인 측정 장치 사이의 실증주의적인 의미론적인 링크와 관련이 있다.”(ibid., 27)

벨 타일 사고 실험에서 보이는 비분리성과 양자전체론은 상호작용체계를 위한 형식화에서 얽힘의 중요성에 관한 것이다. 보어가 사용하는 전체성이라는 언어가 오늘날 관심의 언어와 아무리 가까이 닮는다 하더라도,

4) 필자의 줄고, “보어는 반실재론자인가?”, 『과학철학』 제9권: 2호 2006. 참조, Murdoch, 1987, 참조

우리는 그것을 벨 이후의 언어에 동화시키려는 데에는 주의해야 한다. (ibid., 27) 그들은 보어의 전체성은 양자전체론을 위한 전체성과는 구별해야 한다고 보며, “EPR의 결과로써 보어는 결국은 그의 본래의 교란의 개념에서 돌아서서 실증주의의 영토에 착륙했다”(ibid. 29)고 주장한다.

“보어의 물리적 실재에 대한 “원초적 변경”의 필요성에 대한 역설에도 불구하고 그 자신의 실증주의적인 제한(strictures)은 새로운 개념을 위한 탐구를 거의 감당할 수 없었다.

중요한 것은 EPR에 대한 보어의 답변은 우리의 현재의 토론으로 이끌기((혹은 인도하기) 때문이 아니다. 보어의 논증과 통찰이 그 당시 승리한 것 때문도 아니다. 오히려 보어의 대답이 보어 자신의 인식론적 사상의 진화에서 결정적인 전환점을 나타내기 때문에 보어의 대답이 환상적인 기록(document)을 구성한 것이다.”(ibid., 30)

벨러와 파인은 이렇게 하여 보어의 위에서 언급한 실험 장치와 대상 간의 통제 불가능한 상호작용의 수용을 전체성보다는 실증주의의 경향으로 해석한다. 보어를 과연 실증주의적인 경향으로 몰아서 해석할 수 있을까?

EPR에 대한 보어의 반응(Bohr, 1935)을 보면 보어는 실증주의로 돌아서는 것보다, 전체성을 고려하고 있음을 보여주고 있다. EPR이 실재의 정의를 위해 개별적 시스템의 물리적 교란에 주의를 기울여, 관찰되지 않은 영역의 교란이 없으면서 그 시스템이 가지는 물리량을 예측할 수 있음을 보여서 양자역학의 모순을 인정하려는 문제는 결국 교란이 실재하지 않음을 보이려 했다. 이에 대해 보어는 측정되지 않은 시스템에 대한 실제적 교란이 없다는 것에 동의하지만, 한 쪽 입자에 대한 측정이 다른 쪽 입자에 영향을 미치지 않는다고는 할 수 없기 때문에, 그것을 전체 물리적 시스템에서 찾는 것이다. 다음의 구절을 보자.

“물론 그와 같은 경우에는 측정과정의 마지막 결정적인 단계 동안에 탐구 아래에 놓여있는 시스템에 대한 역학적 교란은 고려되지 않는다. 그러나 이 단계에 조차도 시스템의 미래의 행태에 관하여 가능한 유형의 예측을 정의하는 바로 그 조건에 미치는 영향에 대한 질문은 필수적

이다. 이러한 조건들은 ‘물리적 실재’라는 용어가 적절하게 적용될 수 있는 어떠한 현상의 기술의 본질적으로 내재하는 요소를 구성하기 때문에, 언급한 저자들[아인슈타인, 포돌스키, 로젠]의 논증은 양자역학이 본질적으로 불완전하다는 그들의 결론을 정당화하지 못한다고 우리는 본다.”(Bohr, 1935, 80, in *The philosophical writings of Niels Bohr, VI Causality and Complementarity*, 1998)

인용문에서 보면, 보어는 벨러와 파인이 주장한 것처럼 유령 같은 작용(spooky action)처럼 어떤 비국소적인 영향을 고려하지 않았다. 인용문 “*시스템의 미래의 행태에 관하여, 가능한 유형의 예측을 정의하는 바로 그 조건에 미치는 영향에*”서 이 조건이란 언어적 조건이 아니라, 실제 측정 장치에 의존하는 조건이다.⁵⁾

EPR에서 상호작용한 두 입자 P1과 P2에서 입자 P2의 **실제적 사실적** 상황은 P1에 일어난 것과는 독립적이라고 말하는 것은 우리가 P1에 실제로 실험을 행한 것에 대해서는 잘 정의된 진술이 아니다. 비록 P1에 실험을 한 것이 멀리 떨어진 P2에 인과적 결과를(원격작용이라는 혹은 신호의 전달이라는 점에서) 초래하지 않는다고 하더라도, P1에 대한 실험을 통해 예측을 할 때는 그 조건에 영향을 미친다. 이는 결국 상호작용한 두 입자에 관한 실험적 결과는 전체적 실험 장치라는 조건에 독립적으로 이루어질 수 없다는 것을 말한다. 만약 이러한 실험장치 시스템을 전체성으로 해석할 때, 그 전체성을 의미론적이기 보다는 또한 존재적으로 보아야 할 것이다.

보어는 EPR의 입자 P1에 대한 위치의 측정과 다음 P2의 운동량 측정은 서로 상황이 달라진 상보적인 두 실험으로 보는 것이다. “상보성의 관념이 묘사하려고 목적으로 하는 것은 물리 현상의 기술에 관하여 바로 이 전적으로 새로운 상황이다.”(Bohr, 1935, 80) 이 전적으로 새로운 상황은 언어적 상황이 아니다. 이는 대상과 관찰 도구 사이의 상호작용에 대한 전체성과

5) 이 실재측정 장치는 전체성을 고려한 것으로 필자는 생각한다. 그 때 그 전체성은 한마디로 표현하기 힘들고, 여기에는 인과성에 대한 논의도 포함된다. 그것은 앞으로 계속 추구해야 할 어떤 것이다.

관련이 있다. 보어가 고전역학과 양자역학의 현상 분석에 관한 근본적 차이를 “전자에서는 대상들과 측정도구 사이의 상호작용이 무시되거나 보상될 수 있으나, 반면에, 후자에서는 이 상호작용이 현상의 불가결한(integral) 부분이다.”(Bohr, 1954, 72)라는 주장이다,

“고유한 양자현상의 본질적 전체성(The essential wholeness of a proper quantum phenomena)은 그것의 잘 정의된 세분화(subdivision)를 하려는 어떠한 시도도 현상자체의 나타남과 양립 불가능한 변화를 실험적 장치에서 요구한다는 그러한 상황에서 진실로 그 논리적 표현을 얻는다.”(Bohr, 1954, 72)

이러한 보어의 주장들에 대해서는 벨러와 파인은 답하지 않고 그냥 지나친다. 실증주의로 이에 대한 답변을 할 수 있을까? 전체성에 관해 어떤 형태의 이야기가 필요하지 않을까?

필자에게는 그들이 보어에 대한 검증주의적 해석을 하는 것은 보어가 관찰대상의 물리 값은 관찰 장치 상대적으로 이야기해야 한다는 것을 가지고 마치 규약적으로, 정의에 의해 주장하는 것처럼 보인다. 즉 실증주의 원리에 의하면, 의미는 검증이다. 이 때 검증은 관찰적인 것인데, 보어가 관찰을 전제하지 않고, 대상에 대해 이야기 할 수 없다고 하는 것만 보면, 규약적으로, 정의에 의해 보어는 검증주의자라는 셈이다. 왜냐하면 이는 관찰을 야기하는 정신독립적인 실재적 대상이 있다는 것을 부정하는 것으로 보이기 때문이다. 이는 잘못이다. 규약적인 주장도 그것의 의미는 암묵적인 형이상학이나, 경험적 가정들을 전제하고 있다. 그러나 그러한 형이상학이나, 전제들이 경험에 의해 변하면 규약 의미가 바뀔 수가 있다. 따라서 실재의 본성의 기묘함에 의해 정신독립성의 의미가 고전 물리학적 상황과는 다르기 때문에, 관찰장치 상대적으로 대상의 진리치나 대상의 속성을 이야기 한다고 하여, 그것으로 ‘정신독립’을 위반한다는 것으로 보고 보어를 실증주의로 해석하는 것은 잘못이다.⁶⁾ 불확정성 원리에 대한 감마선 현

6) 실재론적 의미의 정신독립성 개념은 경험적인 것이며, 양자역학적 상황에서 그 의미는 더 넓어질 수 있다. 줄고 “보어는 반실재론자가?”, pp. 51-64 참조, 과학철

미경을 이용한 설명에 대해 하이젠베르그와 토론하면서, 보어는 “양자이론은 우리에게 무엇이 관찰될 수 있는지를 말하는 것이 아니라, 무엇을 알 수 있는지를 말한다.”고 주장한다. 만약 보어가 실증주의를 받아들인다면, 불확정성 원리에 대한 하이젠베르그의 해석에 동의하여, “양자 이론은 측정가능한 것이 무엇인지를 이야기 한다.”고 할 것이다.” 뿐만 아니라, 보어는 철학자들이 자신의 상보성을 이해하지 못한다고 불평할 정도로, 그렇게 상보성에 집착하지도 않았을 것이다.

만약 보어가 관찰불가능한 영역(통제불가능한 영역은 바로 여기에 포함된다.)을 불가지적인 것으로 보고, 관찰을 기본적인 것으로만 여겼다면 불확정성 원리는 신의 관점에서는 해소되는 성질이었을 것이다. 마지막으로, 아세루드(Aaserud, Finn)의 이야기를 인용하고 이 장을 마치기로 한다.

“보어는 여러 번 우리는 인간으로서 그리고 아는 주체로서 우리가 탐구하는 세계의 부분이라는 것을 강조했다. 우리는 존재의 위대한 드라마에서 관객이면서 배우라고 그는 종종 이야기 했고, 그리고 우리의 많은 과학적 업적들은 이 두 입장을 조화롭게 하는 시도에 놓여있다. 우리는 세계 ‘안’에 있고, 그러므로 우리는 그것을 “없이(without)” 볼 수 없으며, 이 단어에 어떤 뜻도 부여할 수 없다.”(Aaserud, Finn, 1999 p. xxxviii)

4. 파이에의 반실재론⁷⁾

파이에에는 보어의 철학을 일반적인 의미에서 반실재론자로 보기보다는 객관적 반실재론으로 본다. 객관적이라는 용어와 반실재론이라는 용어는 양립하기가 힘든 것처럼 보이는데, 파이에에는 이 두 용어를 사용하여 보어의 철학을 반실재론으로 기술한다(Faye 1994). 파이에에는 어떤 관점에서

학 제 9권 제 2호 2006년 12월 한국과학철학회

7) 이 장은 필자의 줄고 “보어는 반실재론자인가?”(과학철학 제9권 2호, 2006)의 “파이에의 객관적 반실재론”이란 장을 수정 확장시킨 것이다.

보어의 철학을 이러한 모순적인 것처럼 보이는 두 용어를 사용하여 해석하는가? 그것은 파이에의 독특한 실재론 개념과 관련 있다.

파이에에 의하면 실재론은 두 가지 기본 가설을 갖고 있다. 하나는 “정신독립적인 세계가 있다”라는 가설이고, 다른 하나는 “진리는 비인식적이다(non-epistemic)”라는 가설이다. 이 가설은 진술이나 믿음의 진리는 그것이 참인지 아닌지에 대해서 아는 우리의 인지적 능력에 있는 것은 아니라는 것이다(ibid., 97).

일반적으로 실재론자는 두 가설을 모두 다 받아들인다.(Boyd 1983; Newton-Smith 1991; Lepline 1984) 그런데 파이에에 의하면, 반실재론자는 이 두 기본 가설 중 둘 다 거부할 수 있고, 그 중 하나만 거부할 수도 있다. 둘 다 거부한다는 것은 진리는 인식적 개념이고, 세계는 정신 의존적 존재라고 여기는 것이다. 파이에는 이것을 주관적 반실재론이라고 부른다. 두 가설 중 하나만 거부할 수 있는데, 곧 “진리는 인식적 개념”이라는 것을 받아들이면서, “정신 독립적인 세계의 존재를 인정하는 경우이다. 파이에에는 이것을 객관적 반실재론자라고 부른다(ibid., 98). 사실 일반적으로 전형적인 반실재론은 전자의 경우이다.

파이에에는 아래의 인용문을 기초로 하여, 보어가 원자는 정신 독립적으로 존재한다고 믿고 있다고 본다.

물리학에서 우리의 문제는 외부세계에 대한 우리의 경험의 조정에 있다(Bohr 1934, 1).

원자의 실재에 관한 모든 의심은 제거되어왔고 원자들의 내적 구조에 대한 자세한 지식을 획득함에 따라, 우리는 우리의 지각 형식의 자연적 한계가 교훈적인 방식으로 생각나게 한다(Bohr 1934, 103).

파이에에는 실재론의 두 가설 중 보어는 원자가 “정신독립적인 존재”라는 것을 받아들이지만, 관찰 상황을 떠나 원자의 상태가 어떻다는 진술을 하는 것은 불가능하다는 주장을 하기 때문에, “진리는 인식적인 개념”이라는 것을 받아들인다고 생각한다. 파이에에는 비록 보어가 “진리는 인식적”이라

는 개념을 수용한다는 사실로 인해, 반실재론자로 분류될 수 있으나, 원자 현상은 정신 독립적인 존재이기 때문에, 원자 현상에 대한 기술은 어떤 개별 관찰자에 향하여 있지 않아서 보어를 객관주의자로 볼 수 있다고 여긴다. 따라서 보어의 관점은 “진리의 인식적” 개념을 받아들인다는 점에서 반실재론적이고 원자나 전자가 정신 독립적으로 존재한다고 믿는다는 점에서 객관주의적이다. 이리하여 파이에에는 보어를 객관적 반실재론자로 묘사한다. 퍼트남은 외부세계의 존재를 인정하지만 진리는 인식적 개념으로 “보증된 이상화된 주장가능성(warranted idealized assertability)로 보아 내적실재론을 주장한다. 퍼트남은 비록 진리는 인식적 개념으로 보지만, 파이에와는 달리 여전히 실재론을 유지하려 한다.

파이에의 주장을 살펴보자. 파이에에는 “보어에 의하면, 고유상태(eigen state)에 있는 비가환적인(non-commutative) 관찰변수의 값을 측정할 때, 측정장치와 원자적 대상의 비분리성과 전체 스핀 파동함수가 단일 상태(singlet state)에 있는 두 대상의 비분리성 사이에는 주요한 차이가 없다”(Faye 1994, 103)고 주장한다. 스핀 1/2 입자들의 쌍에서 하나는 대상으로 취급할 수 있고 다른 하나는 그 대상의 측정 장치처럼 취급된다. 따라서 파이에에는 벨 타입 실험을 통해 원자의 상태가 관찰적 상황을 전제할 때만이 이야기 할 수 있다는 점을 분명히 한다.

벨 타입 실험적 상황에서는 벨 부등식이 만족되지 않는다. 벨 타입 실험에서 상호작용하는 두 입자 중 한 쪽 입자의 측정 결과가 다른 쪽 입자의 측정 결과에 대해 미치는 영향은 상대론적 인과를 가지고 설명할 수 없다. 자레는 벨의 국소성에 관한 방정식을 두 가지로 분해하여 강한 국소성과 완전성으로 나누어 강한 국소성을 거부하고 완전성을 인정한다(Jarrett, 1984, 1989). 자레의 완전성 개념은 아인슈타인 이론에 대한 완전성 개념을 확장시켜, 완전성 문제를 둘러싼 아인슈타인과 보어의 논쟁을 반영해 준다. 시모니는 중립적인 언어를 사용하여 강한 국소성을 “매개변수 의존성”이라고 하고, 완전성을 “출력의존성”이라고 한다(Shimony 1986).

호워드(Don Howard)는 자레의 조건을 재형식화(reformulation)하여 국소성과 분리성을 구별한다(Howard, 1985, 1989). 파이에에는 자레의 완전성

조건에 대한 호와드의 재형식화를 사용한다. 그 이유는 파이에에는 보어와 아인슈타인 사이의 고전적 실재론을 호와드의 재형식화가 더 직접적으로 반영한다고 생각하기 때문이다.⁸⁾ 호와드의 재형식화를 사용하면 양자역학의 불완전성에 관한 논쟁에 관하여서 국소성 원리와 분리성 원리가 핵심을 이룬다고 파이에에는 생각한다(Faye 1994, 101). 파이에에는 그의 논문에서 벨 타입 실험 결과에서 보이는 비분리성과 비국소성 개념을 사용하여 각 경우에 실재론적 해석과 반실재론 해석을 첨부하여 반실재론적 해석이 더 나음을 보이려 한다.

파이에에는 먼저 비분리성에 대한 반실재론적 해석과 실재론적 해석을 보이고 반실재론적 해석의 타당성을 보인다. 자레는 결정론은 분리성을 함축한다는 것을 증명하고, 논리학의 대우 관계에 의해 비분리성은 비결정론(indeterminism)을 함축한다고 본다. 파이에에 따르면 이것은 보어의 상보성의 관점을 확증한다(Faye 1994, 103)고 한다.

작용양자(quantum of action)는 더 이상 나눌 수 없고, 원자적 대상 상태와 측정 장치는 서로 분리하기 힘든 성질로 인해, 원자적 대상에 속성들을 부여하는 것을 정당화하는 검증조건은 고전물리학의 그것과는 달라졌다. 그리고 양자역학에서는 고전적 상태를 정의하는 속성들의 부여가 의미를 가지는 상황은 근본적으로 변했는데, 파이에에는 그것이 바로 반실재론적 의미 조건이라고 생각한다. 벨 타입 실험 상황에서 이러한 반실재론적 의미 조건은 바로 분리성의 실패에서 온다. 파이에에는 벨 타입 실험의 상황에서 보이는 분리성의 실패를 결국 공액변수는 실험적 과정의 규정은 물론 어떤 값의 실제적인 측정 기록에 근거하여 정의된다는 강한 철학적 논증을 보어가 제시하는 것으로 해석한다. 그리고 이 비분리성은 벨 타입 실험에서 경험적으로 증명된 것이다. 반실재론자의 기본 관점은 대상에 대한 어떤 물리적 속성의 부여가 참이 된다는 것은 이 속성의 값이 적어도 원리적으로는 측정 가능해야 한다는 것이다. 반실재론자의 관점이 이것이라면 보어는 명백히 반실재론자라는 것이 파이에의 주장이다.

8) 자레에 의하면, 자레의 완전성과 호와드의 비분리성은 같은 수식으로 표현되나 그 의미는 다르다. 김유신 2000. 참조

파이에는 공평성을 위해 다시 비분리성을 실재론적으로 해석하는 것이 어떤 것인가를 질문한다. 파인에 의하면, 벨 이후의 언어들을 가지고 보어의 언어를 이해하려는 것을 경계하지만, 비록 벨 이후에 EPR-보어 논쟁의 의미와 EPR의 사고 실험의 의미가 심화된 것은 사실이나, 국소성, 전체성 비분리성 등은 여전히 생각할만한 것이다. 보어가 전체성을 이야기 했을 때, 비분리성, 전체론적인 것을 고려하지 않고 이야기 했다고는 할 수 없다. 오히려 그러한 것의 의미는 동일하나 그것의 기준이나, 내용이 벨 이후에는 조금 더 분석적이고 깊어졌다는 것뿐이다. 왜냐하면 양자역학의 아래와 같은 양자역학의 발전 상황을 보면 보어는 이미, 벨 이후의 문제들을 벨처럼 그 이후의 학자들처럼 깊이 분석적으로 이야기 하지 않았을 뿐이다.

“하이젠베르그에 의해 1925년 합리적 양자역학의 토대가 놓여졌고, 디랙은 물론 보른과 조르단에 의해 급속히 발전했다. 이 이론에서 고전역학의 운동학과 동역학적인 변수들은 비가환적(noncommutative) 대수학에 따르는 기호들(symbols)에 의해 대치되는 형식화가 도입되었다.”(Bohr, 1949, 38) 하이젠베르그가 그의 이론에서 입자의 궤도 그림을 포기하지만, 해밀턴의 역학에서 표준 방정식(canonical equation)은 변화시키지 않고 유지했다. 그리고 하이젠베르그의 형식화는 곧 쉬뢰딩거에 의해 파동이론을 수학적으로 더 편리한 방법에 의해 얻어질 수 있는 결과와 동일한 결과를 준다는 것이 증명되었다. 그리고 그 다음 해에 동등하게 양자이론의 특징인 개별성(individuality)의 특징들과 중첩의 원리의 요구를 결합시키는 원자과정의 본질적인 통계적 기술을 위한 일반적인 방법들이 점차로 형성되었다.(ibid.) 따라서 보어를 이야기 할 때, 벨 이후의 용어를 사용하더라도 무리가 없다고 생각한다.

파이에에 의하면, 실재론자는 비분리성에 대해 두 가지 선택이 가능하다고 한다. 하나는 출력 사이에 어떤 비국소적 영향을 포함으로서 비분리성을 취하여서 비결정론자가 되는 것이고, 둘째는 결정론을 취하면서 출력들과 실험장치 구성 사이에 원격작용이라는 어떤 형태의 비국소성을 받아들이는 것이다(Faye 1994, 108).

파이에는 첫 번째를 취한다. 즉 비분리성을 받아들이면서 비결정론자가 된다. 그는 이러한 실재론을 비분리성 실재론(non-separability realism)이라고 부른다. 그러나 실재론자들도 비결정론을 받아들이기 때문에, 실재론과 반실재론의 차이를 다음과 같이 이야기 한다. 파이에는 “실재론자와 반실재론자 모두가 비결정론자라면, 사물에 대한 실재론자와 반실재론자의 이해를 구별하는 것은 전자는 마치 두 입자 시스템이 그 속성들의 흐릿함(blurring) 때문에, 실제적인 그 자체로(real inherent) 중첩상태에 있는 것처럼 형식체계(formalism)를 문자적으로 읽는 것이고, 반면에 반실재론자는 흐릿한 속성 같은 것은 없다고 주장하는 것이다.”(ibid., 108-109) 파이에는 비분리성을 받아들이면서 반실재론을 받아들이면, 이 흐릿한 속성을 받아들일 필요가 없다. 반면에 파이에는 “실재론자는 그의 입장을 모든 스핀 성분은 그들이 측정될 때까지는 흐릿하다는 해석에 두고 있다.”(ibid. 109). 이리하여 파이에는 비분리성을 받아들이는 실재론자는 흐릿함이라는 속성을 받아들여야 하기 때문에, 실재론이 타당하지 않다고 주장하는 것이다.

만약 비분리성을 받아들이는 실재론을 이렇게 해석하면, 필자 역시 (비분리성) 실재론을 받아들이기는 힘들다. 그러나 이러한 방식의 실재론적 해석은 개별자 존재론을 유지한 채 비분리성을 해석하기 위한 방법이다. 즉 파이에의 반실재론은 비분리성을 받아들이는 것 같으면서 결국 개별자 존재론을 양자세계에 적용한 후 비분리성을 검증주의적으로 해석한 것에 불과하다. 이 방법에는 개별자 존재론을 마치 선형적으로 참인 양 필수적인 것으로 보는 것이 암암리에 깔려 있다. 그러나 개별자 존재론이 선형적으로 참이라고 주장하려면, 정당화가 필요한데 그렇지 못하다. 따라서 이 방법이 양자역학적 상황에는 합당하지 않다고 필자는 생각한다. 우리가 양자역학적 상황은 고전역학과 달리 전체론적이라는 것을 받아들인다면, 우리의 존재론적 고려는 완전히 달라져야 한다. 전체론적 존재론을 받아들일 경우, 비분리성은 전체론의 본질적 특징이 되지만, 더 넓은 의미에서이다.⁹⁾

9) 여기서 전체론은 관찰 장치와 관찰대상이 어떤 물리적 양과 관련하여 비분리적인 전체성을 이루고 있음을 말한다. 전체론적 존재론이란 존재의 세계가 이러한 전체론적 성격을 띠고 있다는 것이다.

이 경우에는 비록 비분리성을 받아들이다라도 파이에처럼 중첩상태를 개별자 독립성이라는 이름 아래, 문자적으로 읽을 필요가 없다. 필자는 보어의 상보성 역시 이 비분리성을 더 넓은 의미에서 해석한 것으로 본다. 이 논의는 앞으로 보어의 상보성과 전체론에서 다룰 것이다.

파이에의 보어 해석이 가지는 문제점은 두 가지이다. 첫째 파이에의 실재론 개념은 양자역학적 상황에서는 합당하지 않은 개별자적 존재론을 그대로 유지하고 있다는 것이다. 파이에가 개별자존재론을 전제한 실재론 개념을 가지고, “보어를 실재론적으로 해석하는 것은 잘못이라”고 한다면, 우리는 보어에 대한 비판 이전에, 파이에가 사용한 실재론적 개념 자체가 문제가 있다고 비판할 수 있다. 만약 개별자 존재론에 문제를 제기하는 어떤 형태의 전체성을 받아들인다면, 파이에의 실재론 개념 자체가 변화를 필요로 한다. 전체성에 대한 보어의 견해를 존재론적으로 조명할 경우, 파이에의 실재론 개념과 다른 의미에서 보어를 실재론자로 볼 수 있는 길이 있을 수 있다. 이 점은 파이에에는 고려하지 않고 있다.

둘째 진리가 비인식적 개념인데 어떻게 원자에 관한 지식이 객관성을 유지할 수 있는가에 대한 설명이 부족하다. 파이에의 논증은 주로 보어가 진리에 대한 비인식적 개념을 받아들인다는 점에 집중하고 있다. 그러나 파이에에는 “원자 현상에 대한 기술은 이러한 점에서 어떠한 명시적 지시도 어떤 개별 관찰자를 향해 있지 않다는 의미에서 완벽하게 객관적인 성격을 가지고 있다”는 보어의 주장을 설명하기 힘들 것이다.¹⁰⁾

파이에에는 보어가 외부세계를 인정하지만, 관찰대상은 관찰 장치에 대한 언급 없이 그 속성을 이야기 할 수 없다는 점에서 정신 의존적이라고 본다. 그러나 그것은 반실재론은 되지만, 실증주의적인 것으로 보지 않는다. 보어가 외부세계를 인정하고, 신의 관점을 인정하지 않지만, 여전히 실재론자로 볼 수 있는가? 다음 장에서는 보어를 실재론으로 보는 폴스의 견해를 다룬다.

10) 여기서 ‘객관적’이라는 것을 경험주의자처럼 이론 미결정을 받아들인다면, 이론 내에서의 객관적이라고 할 수 있으나 여기서 보어나, 파이에도 이론미결정을 받아들이는 것 같지 않다.

5. 보어에 대한 폴스의 실재론적 해석

고전역학을 실재론적으로 해석한다는 것은 우리에게 쉽게 이해가 된다, 그러나 양자역학은 고전역학과 달리, 우리의 상식적 경험과 맞지 않는 요소가 많기 때문에, 양자역학을 실재론적으로 해석한다고 하는 것이 무엇인지를 의심할 수 있다. 예를 들어, 양자시스템을 고전적인 입자와 같이 행동하는 것으로 해석하는 것인가? 반드시 그럴 필요가 없다. 그것은 고전역학을 실재론적으로 해석하는 것처럼 그렇게 좁게 해석할 필요는 없다. 그러면, 양자역학을 실재론적으로 해석한다는 것 자체가 무엇인가에 대한 의문을 가질 수 있다. 필자는 이러한 질문에 대해 다음의 예를 들어서 간단히 이야기 하려 한다.

- 1) 쉬뢰딩거의 파동함수가 실재하는 것으로 해석하는 것인지.
- 2) 불확정성 원리에서 보이는 입자의 위치와 운동량의 정확한 값이 존재하는 것인데 우리가 인식론적 한계를 가지고 있어 모르는 것인지,
- 3) 보른 파동함수의 확률적인 해석에 대해 초지적인(super-intelligent) 존재가 있으면, 정확히 입자가 어디 있는지를 알 수 있다는 말인지,
- 4) 파동함수의 중첩으로 표현되는 상태는 존재하는 것을 그대로 표상한다는 것인지 즉 비록 흐릿하지만 실재한다는 것인지,
- 5) 입자-파동 이중성에서 입자와 파동과 같은 이중적인 성질을 가진 소위 파자라고 하는 것이 존재하는데, 우리는 그것 자체를 기술하기 힘들어, 즉 인식론적으로 힘들거나 아니면 우리의 이론이 그만큼 발전하지 안했기 때문에, 파자를 직접 기술 못하고, 이와 같이 어떤 경우에는 파동해석 어떤 경우에는 입자해석 이렇게 배타적인 기술을 상황에 따라 하는 것인지,
- 6) 측정에 의해 파동의 붕괴라는 것을 실제로 일어나는 것으로 해석하는 것인지.

등이 분명하지 않다.

이처럼 양자역학을 실재론적으로 해석한다는 것의 의미를 개별적인 주장들을 가지고 살펴볼 때 그 의미가 분명하지 않고 오해를 많이 할 수 있다. 따라서 먼저 이들 개별적인 주장과 양자역학에 대한 실재론적 해석과 관계를 먼저 살펴보기로 하자.

양자역학을 실재론적으로 해석한다는 것은 사람마다 다를 수 있다. 필자는 여기서 1)과 3)은 결코 의미하지 않는다. 양자역학에 대한 실재론적 해석은 이것을 거부한다. 2)에 대해서는 실재론적으로 해석한다는 경우는 2)를 거부하는 경우가 많다. 필자나 보어는 이를 거부한다. 불확정성은 인식론적인 인식주체의 한계가 아니라 실재의 모습이다. 즉 위치와 운동량은 동시에 정확한 값을 가지는 것이 아니다. 이는 상대론에서 고전역학에서 보이는 시간과 공간의 독립관계가 제한이 있음을 고전역학의 일반화로서 상대론이 보여주고 있다는 것과 같이 고전역학의 일반화인 양자역학이 운동량과 위치란 독립적인 관계가 아닌 불확정 원리를 따르는 방식으로 실재적으로 존재함을 말한다. 4)에 관해서는 파이에겐 그렇게 믿는 것이 실재론적 해석이라고 여긴다. 그러나 필자는 반드시 그렇다고 보지 않는다. 중립적인 입장을 취할 수 있고 전혀 다른 식으로 해석할 수도 있다. 5)에 관해서는 그렇게 보는 사람도 있으나, 반드시 그럴 필요가 없다. 자칫하면 파자(波子)라는 것은 그냥 물자체와 같은 성격을 띠 수도 있고, 이것은 도구적인 존재로 볼 수도 있다. 오히려 입자이지만 파동적인 성격을 지닌다. 그 방식은 상보성에서 드러나는 식으로 해석할 수 있다. 그러한 형태의 실재론을 취할 수 있다. 필자는 보어가 그렇다고 생각한다. 6)에 관해서는 반드시 그렇지 않다. 실제로 일어난다는 것은 경험적으로 탐구해서 결과가 나온다면 가능하나, 물리 철학적으로는 반드시 그럴 필요가 없다. 필자는 6)에 관해서 실재론자들은 중립적인 입장을 취할 수 있다고 본다. 즉 실재론자들은 적절한 해석을 통해 측정에 의한 파동의 붕괴가 실제로 일어나는 현상이 아니라고 볼 수도 있다. 실재론을 옹호하기 위해서는 위의 개별 주장들 보다는 패키지(package)로 다루고 난 후 개별 주장을 어떻게 보아야 하는지를 정리하는 것이 나올 수도 있다. 어떠한 방식을 취하더라도, 양자

역학을 완전히 해석했을 때는 위에 제시한 개별적인 사항을 다 해명할 수 있어야 한다고 필자는 생각한다. 그러나 현재로서는 그렇게 다 하는 경우는 거의 없는 것 같다. 폴스도 그 점에서는 마찬가지이다. 폴스는 보어에 대한 실재론적 해석을 하되 이를 패키지로 다루고 있다. 이 장에서는 폴스의 보어에 대한 실재론적 해석을 비판적으로 다룰 것이다.

폴스에 의하면, 보어는 회프딩(Hoffding)에 의해 소개된 칸트에 의해 철학적 동기부여를 많이 받았고, 동시에 칸트에 대한 반대 입장을 취하여 양자혁명에 적합한 인식론을 제시하려 했다. 칸트는 외부세계로서 물자체가 존재한다는 것을 인정했기 때문에 당시의 관념론에 대해서는 소박하나마 상대적으로 실재론적이었다. 그러나 칸트는 정신이 단지 세계를 반영하는 거울이 아니라, 세계와 더불어 인식을 구성하는 능동적인 동반자라는 점에서는 소박한 실재론을 비판하는 구성주의적이다. 보어는 양자혁명을 보면서 원자론에 대한 고전적 인식론이 문제가 있음을 알고, 이를 대처하여 자연을 기술하는 새로운 인식론적 틀이 필요함을 깨달았다. 칸트의 “인식이 어떻게 가능하가”라는 질문을 보어는 양자혁명을 받아들일 경우, “물리적 세계에 대한 기술이 어떻게 가능한가”라는 질문으로 바꾼 것이다. 보어는 그 해결을 위하여 상보성을 제안한 것이다. 그는 칸트와 같이 우리의 정신이 자연을 기술하는 데에 능동적 파트너라는 것을 인정하지만, 칸트처럼 고전적 개념이 선형적으로 필연적이라는 것을 부인한다. 자연을 기술하기 위해 필요한 칸트가 선택한 범주들은 이성의 근본원리에 근거를 두는 선형적인 것이 아니라, 오히려 자연에 기초한 경험적인 범주이다. 이러한 변형된 칸트적 사상을 화용론적 칸트주의(Pragmatized Kantian)라고 부른다. 칸트의 물자체처럼 외부세계를 인정하기 때문에, 이것을 화용론적 칸트적 실재론(pragmatized Kantian realism)이라고 부르기도 한다. 폴스는 보어의 작업은 “원자 영역에 관한 우리 지식의 경험적 근거를 형성하는 경험들의 물리학자들의 종합에서 핵심적 개념의 적용의 한계를 개정하려는 시도이다.”(Folse, 1994, 122) 보어의 상보성은 곧 칸트의 비판철학에 대한 대안으로 제시된 것이다.(ibid., 121)

폴스는 보어가 원자시스템에 관한 관찰자 독립적으로 외부에 실재하는

것을 믿기 때문에, 보어는 마하류의 현상주의를 비판하면서, 실재론적 경향을 지닌다고 본다. 그러나 폴스에 의하면, 보어는 고전 물리학과 원자론적 물리주의의 결합으로 형성되는 고전적 원자론적 실재론의 입장에 서있는 실재론은 부정한다. 폴스에 의하면, 실재론 논쟁에서 실재론은, 존재적-인식적 전선에서 취하는 인식적 실재론과 존재적 실재론의 연합이다.(ibid., 124) 이 둘을 받아들일 때 우리는 실재론이라고 부를 수 있다. 존재적 실재론과 인식적 실재론은 다음과 같이 정식화할 수 있다.

존재적 실재론(ontic realism, OR): 우리의 최선의 이론에 의해 가정되는 존재자들이나 과정들은 실제로 존재한다는 것을 믿는 것은 합리적이다.

인식적 실재론(epistemic realism, ER): 이러한 동일한 이론들은 인간이 획득 할 수 있는 이러한 존재자와 과정들(processes)에 관한 지식들은 무엇이든지 간에 제공하려고 열망한다.(False, 1994, 125)

폴스는 위의 두 원리를 다음 세 가지 논제들의 결합으로 실재론의 보다 구체적인 한 형태인 고전적 원자적 실재론을 정의한다. 세 논제는 기계적 표상의 인식론적 논제, 일차적 속성의 교설과 기계론적 유물론의 존재론적 논제이다.

기계론적 표상의 인식적 논제(The epistemological thesis of mechanical representation, MR)(혹은 시각화 가능성의 이상): 존재자나 과정에 관한 지식을 가진다는 것은 그 존재자나 과정이 자연에 실재하는 존재자와 과정에 의해 본래적으로 소유되는 속성들과 일대일 대응관계를 가지는 술어의 범위(range)에 의해 기술되는(혹은 표상되는) 시공간 그림을 형성할 수 있어야 한다.(False, 1994, 125)

일차적 속성의 교설(The Doctrine of Primary Properties. PP): [MR에 의해 요구되는] 존재자와 과정들의 시공간적 그림을 제공하기 위하여, 존재자들은 본질적으로 자신들을 각각의 순간에 그리고 과정들을 유한한 시간적 간격 동안에 위치시키는 데에 기여하는 그러한 속성들을 적어도 소유해야 하는 것에 의해 특징지어져야 한다.(ibid.)

기계론적 유물론의 존재론적 논제(The Ontological Thesis of Mechanistic Materialism, MM): 자연세계는 '존재자(entities)'라는 실체로 배타적으로 구성되어 있는데, 그 실체들은 본질적으로 역학적 이론에서 그들의 표상에 일치하는(accorded) 그러한 속성들만 오직 소유하고 있다.(ibid.)

MR은 기계론적인 물리학과 화학의 성과를 해명하기 위해, 원자적 실재론자들이 받아들이는 인식론적인 논제이다. PP는 “기계론과 실재론이 연합하여 원자가 가지는 속성들에 관한 매우 구체적인 입장을 지지하고 있다.”(ibid.) 동시에 PP는 인식론적 논제 MR과 존재론적 논제 MM을 연결시키는 교량역할을 한다. 원자영역에서 고전적 원자적 실재론은 OR과 ER을 MR, PP, 그리고 MM과의 연합으로 구성된다. 위의 세 논제는 고전역학과 세계와의 대응관계가 잘 이루어짐을 드러내어 준다. 폴스의 보어에 대한 관점은 다음과 같다. “보어는 실재론과 MR, PP와 MM 사이의 연합을 깨뜨리기 때문에, 보어의 입장은 원자론의 고전적 실재론적 옹호와 연합할 수 없다, 그러나 그는(보어) 원자에 관하여 OR을 옹호하기 위해 이 연합을 거부하기 때문에 실재론의 옹호자로 생각되어야 한다.”(ibid., 125)

폴스는 보어가 OR을 옹호하려 하기 때문에, 마하류의 반실재론을 벗어나지만, MR, MM을 부정하기 때문에, 원자에 대한 고전적 실재론을 부정한다고 본다. 따라서 폴스는 해석하기를 보어는 고전적 원자적 실재론에서 볼 때는 반실재론 경향으로 멀리 가 있다고 이야기 한다. 따라서 폴스에 의하면, 보어는 자연히 마하류의 현상주의와 고전적 원자적 실재론 사이에 놓일 수밖에 없다.

그러면 이러한 보어는 실재론인가? 혹은 반실재론인가? 보어를 반실재론자로 보는 파이에 역시 폴스와 같이 보어를 마하류의 반실재론과 고전적 원자적 실재론 사이에 위치시킨다. 따라서 두 사상의 사이에 위치시킨다고 하여, 자동적으로 실재론을 받아들이는 것은 아니다. 그러면, 폴스는 어떤 의미에서 보어를 실재론으로 분류하는가?

위에서 실재론의 두 원리, 1) 세계는 정신 독립적으로 존재한다. 2) 진리는 비 인식적이다. 물론 이 두 가지는 서로 연결되어 있다. 파이에와 폴스

는 정신 독립적인 객관적인 세계가 존재한다는 점에서는 1)을 받아들임으로, 서로 동의하지만, 파이어는 보어가 2)를 거부한다고 보기 때문에, 보어를 반실재론 진영으로 분류한다. 반면에 폴스는 보어가 1), 2) 모두를 받아들인다고 보기 때문에, 보어를 실재론 진영에 위치시킨다.

폴스는 어떻게 2)를 받아들이는가? 폴스가 보어는 원자시스템은 실재한다고 보고 있다고 믿지만, 그러면, 관찰자와 상호작용이 없는 경우에도 원자 시스템은 독립적으로 실재한다고 폴스는 보는가?

폴스는 보어를 그렇게 해석한다. “. . . 관찰적인 상호작용에서 나타나는 원자적 대상은 진실로 “독립적인 존재자체”인데, 보어가 말하는 “현상”은 인지하는(cognizing) 주체와의 어떠한 관계와도 독립적인 실제적 사태라는 뜻에서이다.”(ibid., 131) 이리하여 폴스는 보어가 존재적 실재론을 받아들이는 것으로 본다.

그런데 보어가 “현상적 대상으로 원자시스템의 기술(description)은 관찰 장치와 그것의 상호작용과 “독립적으로” 그것이 존재하는 대로의 원자시스템의 기술(description)은 아니다.”(ibid.)라고 보기 때문에, 보어가 인식적 실재론을 받아들인다고 보는 데에는 심각한 문제가 있다. 이처럼 관찰 장치와의 상호작용 속에 존재하는 것을 떠나서, 고립된 대상에 대해서 이야기 할 수 없다고 하는 것을 받아들이면, 결국 2)를 받아들이지 않는 셈이 아닌가?

보어의 주장들 자체는 위에서 정식화한 고전역학적 인식적 이상, 즉 고전적 원자적 실재론이 제시하는 인식적 이상에서는 불확정성 원리나 중첩의 원리, 파동함수 붕괴 같은 사상을 다룰 수 없다. 이들은 ER을 명백히 위반한다. 그러나 고전역학적 인식적 이상이 반드시 받아들여야 하는 선험적 이유가 없기 때문에, 이와는 다른 관점에 선다면, 보어가 ER(epistemic realism, 인식적 실재론)을 받아들인다고 볼 수 있는 방법이 남아 있다. 폴스는 “보어는 양자이론에 관하여 ER을 버릴 수 없다. 왜냐하면, 그렇게 하는 것은 그 이론에 관하여 OR에 대한 그의 참여(commitment)를 방어하지 못하게 두기 때문이다.”(ibid.) 폴스는 보어가 ER을 받아들이기 위해서는 새로운 인식적 이상을 구성하지 않으면 안 된다고 본다. 폴스는 이를 다음

과 같이 이야기 한다.

“양자이론은 미시 영역의 실재하는 원자적 시스템에 관한 가능한 최대의 지식을 제공한다(즉 ER과 OR)고 주장하려는 그의 권리가 안정감을 갖도록 하기 위하여 보어의 전략이 해결하기를 의도하는 문제는 고전원자론자 연합군이 지니는 인식적 이상을 수정하는 방법을 발견하는 것이다.”(Folse, 1994, 127)

그렇다면, 고전원자론자의 연합의 인식적 이상을 수정하는 방법이 무엇인가? 보어는 원자 시스템의 정신 독립적 존재를 인정하나 원자에 관한 지식을 획득하려 할 때, 전제하는 인식적 이상이 고전 역학적 인식적 이상이라면, 양자역학 이론에 의해 획득한 지식은 그 이상을 만족하지 못한다. 따라서 ER을 옹호할 수 없다. 그러나 보어는 ER을 포기하는 것이 아니라, 인식적 이상을 새롭게 하여 ER을 유지하려 한다. 이것이 그의 상보성을 제시하는 이유이다. 이것이 폴스가 보어를 실재론적으로 해석하려는 전략이다. 그러면 폴스를 좀 더 자세히 살펴보자.

폴스는 그의 논문의 “실재론과 진리”의 장에서 실재론을 유지하는 데에 필요한 지식의 상을 두 가지로 나누었다. 첫째는 하나의 그림 안에서 통합하는 것이고, 둘째는 상보적 틀을 사용하는 것이다.

첫 번째는 고전역학에서의 지식의 상이다. 입자와 파동의 틀은 각각이 적용되는 대상이 다르기 때문에 아무런 문제가 일어나지 않고, 대상들에 대한 운동량-에너지에 의한 기술, 즉 인과적 기술과 운동학적 시공간 기술은 서로 일치한다. 따라서 현상은 두 기술을 동시에 적용할 수 있어 하나의 그림에 통합되는 것이다.

고전역학은 결국 하나의 그림으로 표현되는 틀을 가지고, 현상을 기술해 내는 것을 지식의 이상으로 해왔고 그것은 이제까지 잘 성립하여 고전역학은 크나큰 발전을 구가했다. 이리하여, 만약 이 하나의 틀에 의해 표현되지 않는다면, 이는 고전역학의 틀을 부정하고, 다른 형태의 틀을 사용하거나 아니면, 실재와 현상의 설명을 분리하여 실재에 대해서는 지식의 이상을 벗어나기 때문에, 침묵을 지키는 도구주의나, 실증주의 등의 반실재론적

해석을 할 수 있다. 이 때 다른 형태의 틀을 사용한다는 것은 그 틀에서 새로운 형태로 실재에 대한 이야기를 하는 것이다. 그런데 보어는 다른 틀을 사용하는 것이다. 이것을 가지고 인식적 실재론을 보존하려한다. 이 틀이 상보성이다. 폴스에 의하면, “상보성의 문법은 서로 다른 실험에서 상보적 현상으로서 나타나는 동일한 실재적인 원자시스템에 관한 진술을 만들 것을 요구한다는 사실은 나의 판단에서는 보어를 OR과 ER을 옹호하는 것으로 간주하는 것을 보증하기에 충분한 것처럼 보인다.”(Folse, 1994, 134) 그러면, 이 상보성의 틀은 실재에 대한 통제 불가능한 영역을 인정하기 때문에, 결과적으로 원자세계에 대한 반실재론적인 해석이 아닌가?

폴스에 의하면, “우리가 실재하는 원자적 시스템에 관해 얻을 수 있는 지식은 이해의 그림을 그리는 이상(ideal)에 호소하는 것이 아니라, 서로 다른 현상적 증거에 대한 기술의 상보적 사용에서 나온다.” (ibid., 128) 고전역학은 현상적 증거에 관한 기술을 비록, 인과적 틀, 운동량과 에너지를 사용하는 틀이나 운동학적 틀, 즉 위치와 시간을 사용하는 틀 같은 두 가지 틀을 사용하더라도, 양자역학과 달리 고전역학에서는 그 두 틀은 서로 일치하기 때문에, 한 틀에 의해 묘사되는 존재자는 우리의 경험적 인식에 독립적으로 존재한다고 볼 수 있다. 그러나 원자세계는 사용하는 이 두 틀은 일치하지 않으므로 동시적으로 사용은 불가능하다. 그렇기 때문에, 진리를 결정할 수 없는(undecidable) 진술이 나온다.

폴스에 의하면, “그는(보어) 관찰적인 상호작용으로부터 분리된 것으로서 생각되는 ‘원자적 시스템’(즉 실험적 현상에서 그들의 경험적 나타남에 대해 독립적으로 존재하는 것으로 고려된, ‘파동’과 ‘입자’라는 개념들로 기술된)은 그들의 현상적 나타남을 초월하는 어떤 실재를 가지 않는다고 주장하는 것과 상보적인 ‘파동’과 ‘입자’ 현상들은 동일한 원자 시스템의 상보적인 현상적 나타남이라는 것을 주장하는 것 둘을 동시에 할 수 없다.”(ibid., 130-131)

폴스는 그 이유를 비록 시각화는 할 수 없다고 하더라도, 동일한 실재적 존재자의 상보적 나타남이라는 서로 다른 현상을 연결시키는 ‘입자’나 ‘파동’이 아닌 어떤 원자시스템이 있어야 한다고 생각한다. 만약 그러한 시

시스템이 없다면, 상보적 나타남이란 의미가 없다.

보어에 의하면, 양자이론에 의하면, 원자적 존재자와 원자적 과정은 신의 관점에 서더라도 원자과정은 하나의 그림으로 표현할 수 없다.(2장 참조) 보어는 원자현상의 실재는 하나의 그림에 의해 설명되어지는 그러한 것이 아니고, 서로 다른 틀들의 즉 서로 상보적인 다른 틀에 의해서 설명되어지며, 이 상보적 증거의 틀에 의해 기술되는 존재자들의 과정이라고 본다. 폴스는 오히려 원자적 시스템은 우리가 명확한 운동학적이고 동력학적인 속성들을 부여할 때, 원자시스템과 대상과의 상호작용으로부터 고립된 그들에게 부여하는 진술은 잘 형성된 진술이 아니라는 그러한 종류의 사물들이다. 따라서 관찰을 전제하고 상호작용에 관한 기술을 하는 것 자체를 가지고, 원자시스템을 반실재론으로 보는 것은 잘못이라는 것이 폴스의 주장이다.

파이에는 불평하기를 나는 “... 관찰된 대상 혹은 현상적인 대상이 독립적인 존재 자체이며, 원자적 대상이며, 그것은 관찰을 통해서 우리에게 자신을 현출하는 관찰된 대상 혹은 현상적인 대상이라는 것을 인식할 수 없다.”(Faye, 1991, 207, Folse, 1994, 131에서 재인용) 그러면서 파이에는 “그러나 관찰 상호 작용에 나타나는 대로의 원자적 대상은 진실로 보어가 말하는 “현상”이 인지하는(cognizing) 주체와 어떠한 관계와도 “독립적인” 물리적인 세계에 있는 사태의 실제 상태라고 인정된다는 의미에서, “독립적인 존재자 자체”라는 사실에 동의한다”(Folse, 1994, 131)

그러면 인식론적인 문제로 가보자. 즉 진리는 비인식적이라는 주장을 보어가 유지하는가를 살펴보자. 폴스는 보어는 “현상적 대상으로서의 원자시스템에 관한 기술(description)은 그러나 관찰하는 시스템과의 상호작용에 “독립적으로” 존재하는 원자시스템의 기술(description)은 아니다.(Ibid., 131)라는 것을 받아들이고 상호작용에 독립적인 진술은 추상적 진술이고, 실제에 관한 진술로는 잘 구성된 진술이 아닌 것으로 보는 입장을 취한다고 본다. 이 주장은 진리는 인식적인 것을 말하는 것이 아닌가? 과학이론에 대해 실재론자가 된다는 것은 과학이론이 단순히 현상에 대한 법칙적 연결을 제공하는 것뿐 아니라, 어떻게 이론에서 말하는 존재자나 과정들이

과학이론을 지지하는 데에 사용되는 그러한 경험적 현상을 일으키는지에 관한 이해를 요구한다. 그런데 양자이론이 경험적 현상을 일으키는 원자적 존재자나 원자적 과정들에 관하여 이야기 하는 것은 그러한 이해를 제공하고 있다고 보기에는 문제가 많다. 보어는 이러한 문제를 시각화의 불가능성으로 요약한다. 그런데 보어는 이 시각화의 불가능성을 이를 넘어서는 물리적 사태가 있는데 이를 인식 못하는 인식적 한계의 결과로 보지 않는다. 폴스는 보어가 가르치려고 하는 중심적 교훈이 바로, 이러한 것들은 우리가 묻지 않도록 배워야 하는 질문이라는 것을 가르치려 했다고 본다. 보어는 시각화의 불가능성으로 인한 질문들이 바로 고전적 실재론자의 시각화 이상에서 나왔다고 한다. 이 고전적 실재론자의 시각화 이상은 바로 MR이다. 이 MR을 폴스는 양자이론이 거부한다고 본다. 위에서 말한 것처럼 보어는 고전적 원자적 실재론자들과 달리, 양자이론은 MR과 실재론의 연합을 거부한다. 그러면 이 MR을 거부한다는 것은 실재론의 필수 요소가 아니다. 폴스에 의하면, 다만, 거시세계에 성공을 거둔 결과 인정되는 고전 역학의 인식적 이상에 불과하기 때문이지 실재론자가 세계와는 독립적으로 선험적으로 반드시 가져야 하는 것은 아니다. 폴스는 “양자적 기술의 신비적인 ‘검은 상자’와 같은 성질은 깊이 놓인 고전적 속성에 관한 고전 역학적 성향에서부터 나오는데, 이 고전적 속성이란 관찰 현상에서 상호작용을 떠나서 동일한 대상에 의해 동일하게 소유되는 현상적 대상의 잘 정의된 속성이라는 것이다.”(ibid., 134) 이러한 고전적 경향은 보어에 의하면, 우리가 저항하도록 배워야 하는 ‘인식론적 교훈’이다. 따라서 폴스는 만약 우리가 보어의 인식론적 교훈을 무시하고 계속 원자적 현상에 관한 시각적 그림을 통한 이해를 고집하면, 이해에 관한 실재론적 해석은 하기 힘든 것으로 본다. 보어는 미시수준에서 자연을 이해하는 데에는 자연이 허락하는 한에서만, 추구해야 하는 태도를 가지고 있고, 그의 상보성의 관점을 이 태도를 가지고 옹호한다. 폴스에 의하면, 우리가 이러한 보어의 인식론적 교훈을 고전적 시각화의 이상을 가지고 계속적인 질문을 한다면, 실재론적 희망은 약화될 수밖에 없다고 본다. 그러나 보어는 원자시스템이 관련된 과정의 시각화에 관하여는 고전적 원자론자의 주장을 거부한다.

폴스는 “그러나 경험의 범위가 여기서 드러내는 것은 우리가 이러한 실재적 존재자에 대해 무지한 것이 아니라, 우리는 그들을 관찰 장치와 상호작용하는 것으로 기술되는 한에서만 그들을 시각화 할 수 있다는 것이다 (ibid., 136) 폴스는 그러한 상호작용들 사이에서 대상의 속성들에 대한 경험적 결정을 위해서 상호작용의 물리적 환경을 요구하는 속성들은 서술할 수는 없다. 결과적으로, 그들의 경험적 결정을 위해서 양립할 수 없는 물리적 환경을 요구하는 그러한 속성들은 동시에 동일한 시스템의 조건이 될 수 없다.

폴스를 요약하면, 다음과 같다. 폴스는 상보성의 인식론적 교훈은 우리에게 믿어야 할 새로운 존재론을 가르치지 않으며, 다만, 고전적 원자론자가 가지고 있는 존재론을 오랫동안 물리학과 연합해 있었는데, 이것을 새 물리학에서는 잘라내는 것이지, 새로운 존재론을 만들어내는 것이 아니라고 본다. 다시 말하면 고전적 실재론에서 고전성을 즉 기계론적 물리주의의 존재론적 표상과 존재자의 과정들을 공간의 어떤 위치와 시간적 과정에 위치시키는 시공간의 그림에 의한 표상을 잘라낸다는 뜻이지 실재론은 그대로 유지한다는 말이다.(ibid., 138, 참조) 그리고 상보성은 존재론 일반을 금하는 것은 아니다. 그에 의하면 “우리가 상보성의 인식론적 교훈을 배우고 시각화의 이상을 버린다면, 우리는 원자시스템과 현상의 양자 이론적 기술 사이의 관계를 이해하는 것의 실재론적 목표를 추구할 수 있다.(ibid., 138) 폴스는 마지막에 “보어의 관점에 대한 반실재론적인 해석은 자연철학에 관한 책을 덮기를 원하는 반면, 나의 해석에서는 보어는 새로운 장을 시작하는 시간이라고 말하는 것처럼 보인다.”(ibid.)

필자는 폴스의 여러 주장에 대해 동의하고, 그의 논증의 참신성을 인정한다. 이 논문에서 폴스의 첫 번째, 기여는 양자역학을 실재론적으로 해석한다는 것을 마치 양자시스템을 고전적 입자로 해석하는 것을 의미한다는 생각을 가질 수 있는데, 폴스는 이러한 해석은 바로 고전적 원자론적 실재론, 즉 OR과 ER을 MR, PP, MM와의 연합을 받아들이는 것으로 정의하고, 보어는 그것을 거부한다는 것을 보여주었다. 그리하여 보어의 실재론의 위치를 잘 보여준다. 그리고 폴스의 논증의 핵심은 보어를 실재론으로 보기

위해서는 새로운 실재론이 필요한 것이 아니라, 양자역학의 출현으로 고전적 지식의 이상을 바꾸어 버리면, 보어의 상보성을 실재론으로 해석할 수 있다는 것이다. 폴스는 이러한 해석을 통해서 보어의 상보성은 자연 철학의 새로운 장을 시작한다는 주장에 대해 깊은 공감을 느낀다.

필자는 폴스의 견해를 다음 두 가지 점에서 문제가 있다고 본다. 하나는 왜 그렇게 지식의 이상을 바꾸어야 하는가? 만약 지식의 이상을 바꾸어야 하는 어떤 필연적인 이유를 제시하지 않으면, 지식의 이상을 다르게 규정하고 상보성은 그 규정에 들어맞기 때문이라는 것을 가지고, 여러 의심스러움에도 불구하고 실재론을 참이라고 본다면, 그것은 일종의 동어 반복적이거나, 규약적인 참이 아닌가? 둘째로, 폴스는 동일한 대상에서 나타나는 모순되게 보이는 현상은 현상 자체가 모순적인 것이 아니라, 보어가 주장하는 것처럼 하나의 그림에 통합해야 한다는 인식의 고전적 이상 때문으로 본다. 그리고 폴스는 그 모순적 현상은 상보적인 기술을 통해서 드러나는 실재의 상보적 측면으로 해석해야 하며, 그렇다면 그 역설은 사라진다고 본다. 또한 폴스는 실재는 그러한 상보적 기술로 드러나는 그러한 존재라는 것을 보어의 견해라고 본다. 이리하여 폴스는 보어의 상보성을 실재론으로 해석하는 것이다. 두 번째의 해석은 그럴 듯하다. 필자도 그것은 받아들인다. 그러나 이러한 방식의 실재론적 해석만으로는 필자가 보기에는 보어가 끊임없이 주장하는 관찰 장치와 현상의 분리 불가능성을 설명하기는 힘들다. 더 이상의 어떠한 것이 있어야 된다고 생각한다.

“...관찰 수단과 현상의 엄격한 분리의 불가능성에 토대를 두고 있는 우리의 지각형식의 실패와 개념들을 창조하는 인간의 능력의 일반적인 한계들, 이들은 주체와 대상에 대한 우리의 구별(differentiation)에 뿌리를 갖는데, 사이에는 밀접한 연결이 존재한다.”(Bohr, 1929b, 96)

고전적 지식의 이상을 은 고전 역학적 상황에서만 들어맞는 것이고, 결코 선험적이지 아니고, 양자역학적 상황이 되었으니 그 지식의 이상을 바꾸어야 한다는 것만으로 OR과 ER을 모두 만족한다면서 보어의 상보성을 실재론적으로 해석하는 것을 받아들인다 하더라도, 이러한 분리 불가능성을

어떻게 해명하는가? 어떠한 해명이 있어야 하지 않을까? 또한 폴스는 이 실재론을 가지고 벨 실험 현상, 쉬뢰딩거 역설 등을 설명할 수 있는지에 대해서는 별로 언급을 하지 않는다. 폴스는 그의 책 *닐스 보어의 철학 상보성의 틀*(Folse, 1985)에서도 별로 이야기 하지 않는다. 폴스의 실재론적 해석이 타당하려면, 폴스는 이들을 해명할 수 있어야 한다. 이것이 필자가 보기에는 이것이 폴스의 실재론의 한계라고 생각한다. 물론 폴스는 이제 시작이라고 이야기 한다. 앞으로 더 이상 어떤 것이 나올지 기대해 볼만 하며, 또 더 이상의 연구가 나와야 된다고 생각한다. 필자의 앞으로의 연구도 이러한 기대에 의한 것이다.

5. 결론

닐스 보어는 양자역학의 창시자의 한 사람인 동시에 양자역학이 지니는 인식론적 문제를 가장 깊이 생각한 물리학자이다. 불확정성, 파동함수에 대한 보른의 확률적 해석, 얽힘, 관찰자와 관찰대상의 상호작용의 비분리 등은 양자역학의 핵심적 개념이다. 이런 개념들을 가지고 세계를 해석하고 설명하는 그러한 세계가 어떤 모습을 가지고 있는가를 이해하는 것은 쉽지 않다. 휴즈(Hughes)는 양자역학이 표상하는 세계는 어떤 것일 수 있을까? 추상적으로, 아마 형이상학적인 의미에서, 만약 세계가 양자이론이 채용하는 수학적 모델에 의해 표상된다면, 세계는 어떠해야만 하는가?라고 질문한다.

맥킨논은 휴즈가 파인만의 금지된 질문¹¹⁾을 가지고,(Hughes, 1989, 82) 한 이야기를 바꾸어, “파인만은 만약 양자역학이 그것에 대해 참이라면, 세계는 어떠해야만 할까? 그러한 질문은 코펜하겐 해석에 의해 허용된 정보와 다르거나 혹은 넘어서는(beyond) 양자실재에 관한 참이고 의미있는 것

11) 파인만의 금지된 질문은 바로 “어떤 종류의 세계를 양자역학은 표상할 수가 있는가?”이다.

을 말하는 것이 가능하다는 것을 전제하고 있다. 그런데 그러한 질문들이 의미 있게 받아들여지는 어떤 관점에서든 보어의 입장은 반실재론자의 범주로 분류된다.”(Mackinnon 1994, 290) 이처럼 맥킨논은 강하게 보어를 반실재론자로 분류하지만, 양자이론과 세계와의 관계, 보어의 사상은 종래의 실재론-반실재론 논쟁으로 쉽게 해명할 수 없다. 이러한 문제를 양자이론의 출현시부터 깊이 생각한 사람이 보어이다. 보어의 상보성은 깊은 철학적 함축을 지닌다.

폴스와 파이에의 논의를 통해서 양자역학의 해석에서 나오는 실재론 반실재론 논쟁은 보다 세련되어졌다. 실재론을 두 가지 즉 존재론적 실재론(ontological realism, OR)과 (epistemic realism, ER)을 분리하는 것은 통상적이지만, 종래의 실재론-반실재론 논쟁은 이 둘은 항상 같이 갔다. 이 둘을 모두 수용하는가 아니면 모두 거부하는가이다. 그러나 보어 철학의 탐구에서 이제 이 둘은 서로 따로따로 수용할 수도 있다는 것이 논의되었다. 전자를 인정하고 후자를 거부하는 것 혹은 전자를 거부하거나 불가지적인 태도를 취하면서, 후자를 인정하는 방식으로 논의하여 실재론-반실재론의 스펙트럼이 보다 세분화되었다.

이 논문에서는 이러한 양자이론과 세계와의 관계가 지니는 복잡성과 미묘성을 보어에 대한 해석을 다룸으로 보다 깊게 조명하고자 했다. 보어에 대한 해석에서 실재론-반실재론 논쟁의 틀을 가지고 다룬 여러 학자들을 분석했다. 첫째, 신적인 관점을 가지고도 불확정성 원리는 제거해 버릴 수 없는 세계의 성격이라는 보어의 주장을 이야기 하고, 보어에 대한 반실재론 해석을 주장하는 파인과 벨러를 비판적으로 평가했다. 파인은 보어는 자신의 상보성을 객관적 기술로 보고 있음에도(Bohr, AHQP, interview 5, p.3 참조, Mackinnon, 1994, 279 재인용)) 그것을 직접 다루지는 않고, 오히려 보어를 실증주의자에 가깝게 해석하고 있다.

그리고 반실재론자로서 파이에를 다루었다. 파이에의 문제점은 보어가 말하는 ‘전체성’에 대한 논의는 피해가고, 또한 진리가 비인식적 개념인데 어떻게 원자에 관한 지식이 객관성을 유지할 수 있는가에 대한 설명이 부족하다는 것이다. 보어에 대한 실재론적 해석에 대한 참피온인 폴스를 다

루고 그 한계를 지적했다. 앞으로의 연구는 실재론-반실재론 스펙트럼을 보다 정교히 하여 보어의 위치를 조명하는 것과 상보성을 전체성과 관련 지어 논의하려 한다.

참고문헌

- 김유신(2000), "Causal Explanation and Bell Type Correlation" 『과학철학』 2000년 봄 제 3권 제 1호, pp.81-107
- _____(2006), "보어는 반실재론자인가?", 『과학철학』 제9권, 제2호 2006년 12월 35-70
- 조인래(1990), "보어는 EPR "역설"을 해결했는가?", 『철학연구』 제27집: 129-148.
- Aaserud, Finn, General editor, *Niels Bohr Collected works vol. 10*, 1999, Elsevier, Amsterdam, New York, p. xxxviii)
- Beller, M(1992), "The Birth of Bohr's Complementarity:The context and the dialogues", *Studies in History and Philosophy of Science* 23, 147-180
- _____(1993), "Einstein and Bohr's Rhetoric of Complementarity" in *Science in Context*
- Beller, M., Fine, A.(1994), "Bohr's response to EPR", Faye & Folse 1994: 1-31.
- Bohr, N(1928), "The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory"pp.52-91 in *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge University Press. Reprinted in 1987 as *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, Vol. I, Ox Bow Press, Woodbridge.
- Bohr, N.(1929a), "Introductory Survey", pp.1-24 in *Atomic Theory and the*

Description of Nature, Cambridge University Press. Reprinted in 1987 as *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, Vol. I, Ox Bow Press, Woodbridge.

_____.(1929b), "The quantum of Action and the Description of Nature", pp.92-101 in *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge University Press. Reprinted in 1987 as *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, Vol. I, Ox Bow Press, Woodbridge.

_____. (1929c), "The Atomic Theory and the Fundamental Principles underlying the Description of Nature" pp. 102-119 in *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge University Press. Reprinted in 1987 as *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, Vol. I, Ox Bow Press, Woodbridge.

_____.(1931), "Space-Time-Continuity and Atomic Physics", Unpublished manuscript, H. H. Wills Memorial lecture, given at the university of Bristol on 5th October 1931 in *Niels Bohr Collected Works* 6: 369-370.

_____.(1934), *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge University Press. Reprinted in 1987 as *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, Vol. I, Ox Bow Press, Woodbridge.

_____.(1935), "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?", *Physical Review* 48: 696-702.

_____.(1937a) Hitchcock Lectures at the University of California at Berkeley, unpublished manuscript, in the Raymond Birge Collection, American Institute of Physics

_____.(1938), "Causality Problem in Atomic Physics", originally Delivered at a conference on new theories in physics, Warsaw, May 30-June 3, 1938, *Philosophical writings of Niels Bohr* vol. IV, *Causality and Complementarity* in Faye & Folse 1998., pp.94 - 121

_____.(1949), "Discussion with Einstein on Epistemological Problems

- in Atomic Physics", pp. 32-66, *The philosophical Writings of Niels Bohr Vol.II Essays 1933-1957 on Atomic Physics and Human knowledge*(APHK)
- _____(1954), "Unity of Knowledge", *Philosophical writings of Niels Bohr vol. II, Essays 1933-1957 On Atomic Physics and Human Knowledge*, Ox Bow Press, Woodbridge, Connecticut
- _____(1955), *Niels Bohr Archive, Letter from Wolfgang Pauli to Niels Bohr*, 15 Feb. 1955.
- _____(1958), "Quantum physics and Philosophy", In *Essays 1958-1962 on Atomic Physics and Human knowledge, The Philosophical writings of Niels Bohr*, vol III., O Bow Press, Woodbridge.
- Born, Heisenberg and Jordan(1926) "Zur Quantenmechanik II," *Zeitschrift fur Physik* 35, 557-615 in *Wener Heisenberg Collected Works* ed. by W.Blum, H.-P.Durr, and H.Rechenberg Series A/Part 1 Original Scientific Papers Springer-verlag Berlin Heidelberg new York Tokyo 1985
- Boyd, R.(1983), "On the Current Status of the Issue of Scientific Realism", *Erkenntnis* 19: 45-90.
- _____(1990), "Realism, Conventionality, and 'Realism About'" in *Festschrift for Hilary Putnam*. ed. G., Boolos, Cambridge: Cambridge University Press.
- Dianian, Fan(1996), "Bohr and Realism", *Realism and Anti-Realism in the Philosophy of Science*, Beijing International Conference, 1992, ed. by Robert S. Cohen Kluwer Academic Publishers Dordrecht/Boston/London pp.279-287
- Devitt, M.(1990). *Truth and Realism*, Princeton, N.J., Princeton University Press.
- Don Howard(1994), "What Makes a Classical Concept Classical?", *Faye & Folse* 1994: 201-229.

- Dummett, M.(1973) *Frege: Philosophy of Language*, Duckworth, London.
- (1976), "What is a Theory of Meaning? (II)", *Truth and Meaning: Essays in Semantics*, ed. G. Evans & J. MacDowell, Oxford University Press, Oxford 1976.
- (1978), *Truth and Other Enigmas*, Duckworth, London.
- Einstein A., Podolsky, B., Rosen, B.(1935), "Can Quantum- Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?", *Physical Review* 47: 777-780, reprinted in Wheeler and Zureck(eds.), *Quantum Theory and Measurement*, Princeton University Press 1983: 138-141.
- Einstein, A.(1936), "Physics und Realitat", *Journal of the Franklin Institute* 221: 313-347. Reprinted and translated as "Physics and Reality" in Einstein 1950: 59-97.
- (1949), "Remarks to the essays Appearing in this Collective Volume", in Schilpp 1949: 665-668.
- Einstein, A.(1950), *Out of My Later Years*. Philosophical Library, New York.
- Favrholdt, David(1994), "Niels Bohr and Realism", Faye & Folse 1994: 77-96.
- Faye, J.(1994), "Non-Locality or Non-separability?", Faye & Folse 1994: 97-118.
- Faye, J., and Folse, H.(1994), eds. *Niels Bohr and Contemporary Philosophy*, Kluwer Academic, Dordrecht.
- Faye, J., and Folse, H.(1998), eds. *Causality and Complementarity, The Philosophical Writings of Niels Bohr* vol. 4.
- Finn, Aaserud(1999), *Niels Bohr Collected works* vol. 10, 1999, General Editor, Elsevier, Amsterdam, New York,
- Folse, H.J..(1985), *The Philosophy of Nielse Bohr:the framework of complementarity*, North-Holland, Amsterdam: 1998

- _____(1994), "Bohr's Framework of Complementarity and Realism Debate", Faye & Folse 1994: 119-139.
- Graham, Loren R(1987) *Science, philosophy, and human behavior in the Soviet Union* / Loren R. Graham, New York: Columbia University Press, 1987
- Heisenberg, Werner(1925), "Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen" von W. Heisenberg in Gottingen, *Zeitschrift für Physik* 33, 879-893, in *Wener Heisenberg Collected Works* ed. by W.Blum, H.-P.Durr, and H.Rechenberg Series A/Part 1 Original Scientific Papers Springer-verlag Berlin Heidelberg new York Tokyo 1985
- _____(1927), "über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik", *Zeitschrift für Physik* 43,172-98
- _____(1955), "The development of the interpretation of the Quantum Theory" in *Niels Bohr and the development of Physics* ed. by W. Pauli, New York: McGraw-Hill Book, 1955 pp.12-29
- Hooker, C. A.(1994), "Bohr and the Crisis of Empirical Intelligibility: an Essay on the Depth of Bohr's Thought and Our Philosophical Ignorance", Faye & Folse 1994: 155-199.
- Honner, J.(1994), "Description and Deconstruction: Niels Bohr and Modern Philosophy", in Faye & Folse 1994: 141-153.
- Howard, Don(1985), "Einstein on Locality and Separability", *Stud. Hist. Phil. Sci.* vol. 16, no. 3: 171-210.
- _____(1989), "Holism, Separability, and the Metaphysical implications of the Bell Experiment", eds. E. McMullin & J. Cushing, *Philosophical Consequences of Quantum Theory*: 224-253.
- Hoyningen-Huene, Paul(1994), "Niels Bohr's Argument for the Irreducibility of Biology to Physics", Faye & Folse 1994: 231-255.

- Hughes, R.I.G.(1989), *The Structure and Interpretation of Quantum Mechanics*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, and London, England.
- Jammer, M.(1966), *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, New York.
- Jarrett J. P.(1984), "On the physical significance of the Locality conditions in the Bell arguments", *Nous*, XVIII, 569-589.
- (1989), "Bell's Theorem: A Guide to the Implication", *Philosophical Consequences of Quantum Theory* E. McMullin & J. Cushing eds., 60-79.
- Krips, H.(1994), "A Critique of Bohr's Local Realism", *Faye & Folse 1994*: 269-278.
- Lepline, J.(1984), *Scientific Realism*, Berkeley: University of California Press.
- Mackinnon, E.(1994), "Bohr and Realism Debates", *Faye & Folse 1994*: 279-302.
- Miller, Richard(1987), *Fact and Method*, Princeton University Press.
- Murdoch, D.(1990), *Niels Bohr's Philosophy of Physics*. Cambridge University Press, Cambridge. original edition is published in 1987.
- (1994), "Bohr-Einstein Debate", *Faye & Folse 1994*: 303-324.
- Newton-Smith, W. H.(1981), *Rationality of Science*, Boston, Routledge & Kegan Paul.
- Plotnitsky, A.(1994), *Complementarity*, Duke University Press.
- Putnam, H.(1978), *Meaning and the Moral Sciences*, Boston, Routledge & Kegan Paul

Bohr and Scientific Realism

Yoo Shin Kim

This paper is a part of long term research project which deals with the relations between Bohr's complementarity and pluralism through discussing complementarity, realism and holism. Niels Bohr has been traditionally interpreted as an anti-realist. Recently through the new illumination of Bohr, the debates between realist and anti-realist have a wide spectrum about the interpretation of Bohr. The reason is that in Bohr, realistic elements and anti-realistic elements are mixed. In this paper, the debates between realism-antirealism debates about the interpretation of Bohr will be critically analysed so that the complementarity of Bohr may be easily understood. The important interpretations of Bohr, Fine and Beller, Faye and Folse are critically assessed so that Bohr's philosophy can be revealed better.

[Key Words] Bohr, Complementarity, anti-realism, realism, Faye, Fine, Beller, Folse, objective anti-realism