

양자역학의 인과성과 실재성 문제에 대한 불교철학적 접근

현남규 · 양영웅*

제주대학교 자연과학대학 물리학과

*제주대학교 인문대학 사학과

양자역학의 이론적인 의미는 미시적인 계에 있어서는 관찰에 대하여 완전히 독립적인 것들은 존재하지 않는다는 것을 의미한다. 측정 문제에 있어서 인간의 의식을 물리적인 실재 혹은 물리적 실재의 기술에 이 끌어 들여야 한다고 주장했던 사람들도 있었다. 벨의 정리는 두 개의 겉보기로는 서로 독립적인 측정들이 서로 연관되어 있다고 생각되어야 한다는 것을 우리에게 보여 준다. 수학적으로 증명된 이 정리는 1964년에 발표되었는데, 이후에 이와 관련된 실험들이 실행되었다. 이것에서부터 추론된 철학적인 결론 중의 하나는 다음과 같이 말할 수 있을지도 모른다: 한편으로는 특수상대성이론을 고려하여 볼 때, 두 실험실에서의 측정들이 서로 영향을 주지 말아야 한다 함에도 불구하고, 다른 한편으로는 두 측정 과정이 어느 정도까지 분리할 수 없다는 것을 수용하여야 한다. 이것은 물리적인 실재를 기술하기 위해서는 자기지시적(self-referentials)일 가능성을 우리에게 보여준다. 결국, 그 상황으로부터 우리는 미시 물리계 하에 있는 어떤 것에 관하여 언급함은, 그것 하에 있는 다른 것을 언급함과 연관되어 있음을 배울 수 있었다. 이러한 관점을 언급함이 없이는 양자 세계를 묘사할 수 없다. 따라서 물리학의 이론적인 면에서 조차도 논의해야 할 자기지시적인 구조에 관하여 논의할 다소의 여지가 있다.[1] 비록 새롭게 바뀔 물리학이 어떤 모습일런지에 관해서 아는 사람은 아무도 없다고 하더라도 우리는 그것이 자기지시적인 구조를 가질지도 모른다고 말할 수 있을 것이다. 따라서 우리는 양자역학에 있어서의 인과성과 실재의 문제와, 불교철학에서의 그것과의 연관성을 찾아 내기를 원하는데, 앞으로 구성될 새로운 물리학에 도움이 될 것으로 생각하기 때문이다.

붓다 이전에는 '자기 원인' 과 '외부 원인'과 같은 인과관계의 개념이 있었다. 붓다는 이들 개념이 실재를 나타내기에는 한계가 있고 부적당하다는 것을 발견했다. 이것은 그가 본 것과 같이, 실재가 기술할 수 없다거나 초월적인 때문이 아니라 사람들이 오직 실재의 일부분, 그들의 형이상학적인 예언들에 꼭 들어맞는 부분들을 나타내기 위하여 이 개념들을 사용했기 때문이었다. 절대적이거나 초경험적인 실재를 거부하면서, 붓다는 경험적으로 주어진 어떤 것에 자신을 한정시켰다. 그는 **실재를 인과성으로 인식하였으며** 그것을 그의 설법의 핵심으로 만들었다. 설일체유부는 법(法)을 그 최소의 형태에 이르기까지 분석하였으며, 법이 시공간의 한 점이라는 관점을 받아들였다: 인도의 불교학파는 원자론과 순간이론을 받아들여지게 되었다. 이렇게하여 그들은 영원하다고 생각하는 근원적인 실체를 믿게 되기에 이르렀다. 그 이후 나가르주나는 설일체유부의 실재의 개념을 논박하였고, 비인과적으로 발생하는 것은 경험 세계에서는 하나도 없다는 불교철학의 기본적인 명제에서 시작하는 책 한권을 썼으며[2]. 그의 생각은 중국에서 선불교의 사교로까지 발

전하였다.

이 논문에서 우리는 양자역학에서의 인과성과 실재의 문제와 초기 불교철학의 그것과의 사이에 다소 유사한 점들이 있음을 발견했다. 요약하면, 양자역학의 이론에 있어서 우리는 '아인슈타인 인과율'을 고집할 것이 아니고, 실재로서의 인과성이라는 '붓다 인과율'을 도입하여 하 할지도 모르겠다는 것을 제시하였다.

I. 서 론

이 논문에서는 매우 포괄적인 주제를 제시하였다. 따라서 전문성을 띤 논문이 좁은 범위에서 깊이 있는 문제를 다룬다는 점을 기준으로 하여 볼 때에는 이 논문의 주제는 매우 다루기가 힘든 주제일 수 밖에 없다. 더구나 이에 대한 전문적인 지식이 절대적으로 부족한 논자가 이러한 주제에 대하여 논의함에는 많은 무리가 따를 것이라는 것을 우선 언급하고자 한다. 그러나 논자는 이러한 주제에 대하여 오랫동안 관심을 가져왔으며, 몇 번이나 정리하기를 시도하다가 중도에 포기를 한 경험이 있었으므로 이번에도 중도에 포기할 것 같아 걱정이 많았다. 그렇지만 앞으로의 연구 방향성을 제시하여 본다면, 아니면 걸보기로는 완전히 이질적으로 보이는 과학철학과 불교철학을 인과율이란 관점에서 공통점을 모색하고 장차 과학철학이 나아갈 수 있는 가능성을 조사한다는 차원에서만 보더라도 이 논문은 그 가치를 부여할 수 있을 것으로 생각한다. 따라서 이 논문에서는 서양철학과 불교철학에 대한 필자의 전문 지식이 갖지 못함을 감안하여, II장부터 VII 장까지의 내용 대부분은 원래의 논문이나 책의 관련 부분을 짜집기 하는 형식을 취하였음을 언급하고자 한다. 이렇게 하는 이유 중의 하나는 원래의 저자의 글을 부분부분 그대로 옮겨 넣음으로 인하여 자료로서의 정확성을 높임은 물론 그 분야의 전문가의 식견을 많이 손상시킴 없이 전달할 필요가 있었기 때문이다. 따라서 필자는

VII장까지의 인과율 문제를 중심으로한 양자역학 및 불교철학에서의 논의를 VIII 장에서 비교 분석하고 종합함으로써, 인과율 문제를 불교철학에서는 역사적으로 어떻게 처리하였는지를 주목하면서 이 논문의 주제인 양자역학이 제기한 철학적인 문제의 해결을 위해서는 어떤 관점에서 어떻게 접근해야 좋을지를 모색하고자 한다.

II. 양자론의 역사

1. 고전역학과 기계적 결정론

1) 고전역학

뉴턴의 운동에 관한 방정식은 고전물리학의 기초이다. 그것은 그것에 따라 질점들이 움직이는 고정된 법칙이라고 여겨졌으며 따라서 물리적 세계에서 관찰되는 모든 변화들을 설명해줄 것으로 생각되었다. 뉴턴의 견해로는 태초에 신이 물질적 입자들과 그것들 사이의 힘들을, 그리고 운동의 근본적 법칙들을 창조하였던 것으로 보았다. 이렇게 해서 전 우주는 운동하게 되었으며 그 후 항상 불변의 법칙에 의하여 지배되는 기계처럼 우주는 계속 운동하여 왔다. 이에 관하여 아래와 같이 간단하게 수식으로 나타내어 볼 수 있다. 즉, 힘 F 의 내용이 알려져 있을 때 힘과 질량 m 의 비로 가속도 a 를 나타낼 수 있으며, 이때 초기 속도 v_0 가 주어지면 속도 v 를 다음 수식들로부터 정확하게 알 수 있다.

$$\begin{aligned}
 F &= m a \\
 a &= \frac{dv}{dt} = \frac{F}{m} \\
 \int dv &= \int \frac{F}{m} dt \\
 \Leftrightarrow v &= v_0 + \int \frac{F}{m} dt
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

그리고 속도 v 가 정확하게 알려졌을 때, 초기 위치의 값 x_0 이 주어진다면 주어진 시각 t 에서의 정확한 위치의 값 x 를 다음 수식들에서 부터 알 수 있다.

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{dx}{dt} \Leftrightarrow \int dx = \int v dt \\
 x &= x_0 + \int v dt \\
 &= x_0 + \int (v_0 + \int \frac{F}{m}) dt
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

윗 식에서 x 를 안다는 것은 관심의 대상의 과거와 미래에 관한 모든 물리적인 정보를 알 수 있다는 것으로 볼 수 있다.

위와 같은 수식과 연관지어 볼 수 있는 자연의 기계론적 견해는 엄격한 결정론과 밀접하게 관련되어 있다. 이 거대한 우주 기계는 완전히 인과적인 것, 결정적인 것으로 간주되었다. 발생하는 일체의 것은 명확한 원인을 가지고 일정한 결과를 초래하여 이 우주 체계의 어느 부분의 미래도, 만일 그 상태가 어느 때라도 모두 자세히 알려져 있기만 하면, 원칙적으로 절대적인 확실성을 가지고 예견될 수 있다는 것이다.[3]

2) 기계적 결정론

기계적 결정론은 성질들을 새로운 성질들의 창출이 없이는 고정된 것으로 본다. 따라서 기계적 결정론에서는 질적인 변화는 무시하고 양적인 변화만을 고려한다. 기계적 결정론에 따르면, 만일 특정한 어느 한 시점에서 세계

의 전체 상황이 완전히 기술된다면, 법칙의 도움을 받아 과거나 미래의 어떤 사건도 다 계산해내고 예측이 가능하다. 이러한 견해는 뉴턴에 의해서 주장되었고 라플라스에 의해서 상세하게 분석되었다. 라플라스는 만일 놀라운 고도의 지적 능력을 가진 인간이 있어 모든 근본 법칙들을 알고 있고, 세계의 역사에 있어서 어느 한 순간의 세계의 모든 사실들을 알고 있다면, 세계의 과거와 미래의 모든 사건을 계산해 낼 수 있을 것이라고 말함으로써 그러한 견해를 고전적으로 형식화하였다. 물론 거기서 세계의 어떤 특정한 순간의 상황의 기술 가운데는 세계에 있는 모든 입자들에 대한 기술뿐만 아니라 그것들의 속도에 대한 기술까지도 포함된다. 만일 세계의 구조가 그러한 주장을 충족할 만큼 강하다면, 이 세계는 결정적 구조를 하고 있을 뿐만 아니라, 그보다 더 특수하다고 할 수 있는 기계적 결정 구조를 띤다고 말할 수 있다.

이러한 입장에 따르면 우주의 미래는 초기 조건에 의해 과거와 마찬가지로 결정되어 있고 완전히 예측 가능하며 단지 확률의 도입은 관찰에서의 불완전성에 기인한다. 그러나 양자론에서의 하이젠베르크의 불확정성 원리는 미시적 양자세계에서의 근원적인 비예측성(unpredictability)을 강조했으며 결정론적 세계관의 몰락을 가져왔다. 왜냐하면 미시의 세계에서는 미립자들의 정확한 위치와 속도를 동시에 정확하게 측정하는 것이 원리적으로 불가능하기 때문이다.[4]

2. 양자역학의 발전

양자론의 기원은 원자 물리학과는 또 다른 영역에서 찾아진다. 물질이 가열되면 그것은 가시복사선(可視輻射線)을 방사하게 되고, 온도가 높아감에 따라 적열체(赤熱體)에서 백열체(白熱體)로 된다. 특히 흑체에 있어서 색깔의 변화는 온도에만 전적으로 의존되고 있다.

그러므로 고온상태의 흑체로부터 방사되는 복사선은 물리적 탐구 대상으로서 충분히 검토되어야 한다. 이 점은 이미 알려진 복사와 열 사이에 성립하는 법칙에 의해 설명될 수 있다고 믿었다. 그러나 19세기 레일레이(Rayleigh), 진스(Jeans)에 의한 설명이 실패했고, 따라서 그 문제는 기존하는 법칙으로써 단순하게 설명될 수 없음을 자각하게 되었다. 플랑크는 복사 입자(혹은 진동자)에 관한 과학적 명제화를 시도한 이후, 이 진동자가 에너지의 불연속적인 양자로 방사된다는 사실을 인정하여, 1900년 12월 자신의 양자 가설(quantum hypothesis)을 발표하였다. 이러한 결과는 그가 초기에 믿었던 고전 물리학과는 전혀 다른 사실이었다. 에너지가 비연속적인 에너지 양자로서만 방출되고 흡수된다는 사상은 매우 획기적이어서 그러한 견해를 전통적인 물리학의 체계로서는 도저히 맞출 수가 없었다. 자신의 새로운 가설과 복사선에 대한 기존 법칙을 조화시키려는 플랑크의 시도는 근본적인 점에서는 실패하였다. 그 이후로 새롭게 발전된 방향으로 나아가는 다음 단계에 이르기까지는 5년의 시간이 소요되었다.

이때 아인슈타인은 두 가지 문제 방식을 통해 그의 새로운 사상을 전개하였다. 그 하나가 광전효과라 불리는 것이었다. 이것은 광선을 금속 표면에 쏘았을 때에 그 표면으로부터 전자가 방출되는 효과를 의미한다. 1899년 레나드(Lenard)가 행한 실험은 방사된 전자의 에너지는 빛의 강도에 의존하는 것이 아니라 빛의 색깔, 엄밀히 말해서 빛의 진동수에 의존하고 있음을 보여주었다. 이 실험은 복사에 관한 전통 이론에 근거해서는 이해될 수 없었다. 반면 아인슈타인은 빛이 공간을 진행하는 에너지양자로 구성되었다는 플랑크 가설의 해석을 통해서 레나드의 실험을 설명할 수 있었다. 플랑크의 가설과 일치한 광량자로서

의 에너지 이론은 빛의 진동수와 플랑크 상수의 곱의 값이 등가를 지녀야 했다. 또한 아인슈타인의 두번째 문제는 고체의 비열에 관한 것이었다. 종래의 이론은 고온 상태에서의 비열 측정값만이 적용되었고 저온 상태에서는 그 적용이 불가능하였다. 그러나 아인슈타인은 고체에서의 입자 탄성 진동에 대해서 양자 가설을 응용시킴으로써 저온 상태의 문제도 해결될 수 있다는 가능성을 제시하였다. 이 두 결과는, 열복사와 무관하게 플랑크 상수를 이용하여 작용 양자의 모습을 밝혀 주었기 때문에, 매우 중요한 진전을 가져오게 하였다. 특히 위의 첫째 문제는 빛에 대한 종래의 파동설과는 완전히 다른 이론이어서, 아인슈타인의 새로운 가설은 매우 혁명적 성격으로 드러나게 되었다. 빛이 맥스웰 이론에 의한 전자기파로 구성되었다는 해석과 혹은 공간을 초고속으로 진행하는 에너지군(Energy Packets)의 광량자로 구성되었다는 해석이 가능하다. 이 두 가지 해석이 가능할 수 있을까? 물론 아인슈타인은 회절현상과 간섭현상이 빛의 파동설에 의해서만 설명될 수 있다는 사실을 알고 있었다. 그러나 그는 파동설과 광량자 개념 간에 성립하는 완전한 모순에 대해서 의심하지 않았다. 그는 단순히 이같은 모순성을 훑날에야 이해될 수 있는 그 무엇으로만 생각했다.

베케렐(Bequerel)의 실험을 행하면서 큐리(Curie)와 라더포드(Rutherford)는 원자 구조에 대한 새로운 설명을 제시하였다. 1911년, 물질을 투과할 수 있는 α 선의 상호작용에 관한 라더포드의 관찰은 그의 유명한 원자모형으로 귀결됐다. 그의 모형에 의하면, 원자는 원자핵과 전자로 구성되어 있다. 원자핵은 양전하를 띠고 원자의 전체 질량에 가까운 질량을 가지며, 전자는 흑성이 태양의 주위를 돌 듯 원자핵 주위를 돌고 있다. 다른 원자와의 화학적 결합은 그 원자들의 최외각

전자간의 상호작용으로써 설명된다. 즉 원자 결합은 원자핵과 직접적으로 관계가 없다는 것이다. 또한 원자핵의 전하량은 전자의 전하량과 같다. 그러나 초기의 이같은 원자 모형을 통해서서는 원자의 가장 특징적인 고도의 안정성이 설명되지 않았다.

보어는 1913년 플랑크의 양자 가설을 이용하여 원자의 특이한 안정성에 대한 설명을 하였다. 만약 원자가 불연속적인 에너지 양자에 의해서만 전체적인 에너지 양이 변할 수 있는 것이라면, 분명히 원자는 불연속적인 정지상태, 즉 정상상태인 최저 에너지 상태로만 존재해야 한다. 그러므로 어떤 상호작용이 있은 후에 원자는 항상 정상상태로 돌아가게 마련일 것이다. 이와 같이 양자론을 원자모형에다 적용시킴으로써, 보어는 원자의 안정성을 설명할 수 있을 뿐더러, 어떤 경우에는 전자를 방출하는 원자로부터 나오는 선스펙트럼에 대한 이론적 해석이 가능하게 되었다. 보어의 이론은 전자 운동에 관한 고전역학과 양자역학의 양자조건을 결합한 해석 방법에 근거를 두고 있다. 따라서 원자 체계의 불연속적인 정지 상태를 정의하기 위한 고전적 방법을 완전히 버리지는 않았다. 이들 조건에 대한 일관성 있는 수학 법칙은 뒤늦게 쑨머펠드(Sommerfeld)에 의해 이루어졌다. 보어도 어떤 점에서는 양자 조건에 의해 뉴턴 역학의 일관성이 붕괴되었다는 사실을 잘 알고 있었다. 간단한 수소 원자의 예에서 볼 때, 누구나 보어의 이론으로부터 원자에 의해 방출된 빛의 진동수를 계산해 낼 수 있었으며, 또한 그 실험식도 완전한 것이었다. 그리고 이 진동수는 여전히 궤도 진동수와는 상이하며 핵 주위를 돌고 있는 전자의 조화 진동수와도 상이하였다. 그리고 이와 같은 사실은 그 이론이 여전히 모순에 차 있음을 보여준 것이었다.

보어의 이론은 물리적 탐구 방법의 새로운

지평선을 열어 놓았다. 보어 이전의 몇 십년 동안 분광학에 의해 이루어진 엄청난 양의 실험 결과들이 그때부터서야 전자의 운동을 지배하는 생소한 양자 법칙에 지배될 수 있었다. 이때부터 비로소 물리학자들은 올바른 질문을 하는 데 눈을 뜬 것이다. 즉, 실제적으로 모든 질문은 상이한 실험적 결과에 의해서 나타나는 생소한 모순점들과 관련되었다. 복사현상이 간섭효과를 자아내게 한다는 사실로부터 파동임이 분명하고, 광전효과를 일으킨다는 점에서는 입자임이 분명하다. 그런데 이같은 복사현상의 이중성이 어떻게 가능한 것인가? 원자에서 전자의 궤도 운동의 진동수가 왜 방사된 복사의 진동수로 나타나지 않는가? 그러면 전자의 궤도 운동이란 아예 없다는 것인가? 혹은 궤도 운동의 표본이 부정확한 표본이었다면 원자 내부에서는 전자가 어떤 변화가 있었겠는가? 누구나 안개 상자를 통해서 전자의 움직임을 볼 수 있으며, 때로는 전자가 원자에서 분리되는 것도 관찰 가능하다고 본다. 그렇다면 원자 내의 전자가 궤도 운동을 하지 않는다고 하는 이유는 무엇인가? 확실히 최저 에너지 상태인 원자의 정상상태에서는 전자가 정지되어 있으리라는 것이 확실하다. 그러나 고에너지 상태에 있을 때 전자각은 어디에서 그 각운동량을 갖게 되는 것인가? 결국 전자는 결코 정지 상태로 있을 수 없다. 이와 같은 질문들로부터 전통적인 고전물리학 방법으로 원자 현상을 기술하려는 시도는 많은 모순점을 낳게 되었다는 사실을 사람들은 알게 된 것이다.

20세기 초에 이르러 점차적으로 물리학자들은 이같은 어려움에 익숙해 졌으며, 따라서 난점이 발생하게 되는 모호한 부분을 찾아내거나 그 모순점을 피하는 방법을 차차 배우게 되었다. 그들은 특수한 실험을 통해서 원자현상에 관한 올바른 답을 기술할 수 있었고, 사고 실험이라고 불리우는 것이 자주 논의되

어 왔으며, 사고 실험의 결과는 양자론을 명료화시키는 데에 결정적인 기여를 하였다고 보아도 과언이 아니다. 그러나 양자론의 초기에 있어서, 양자론이 포함하고 있는 역설적 문제들이 사고 실험을 통한 명료화 과정을 통해서도 쉽사리 해결되지 않았다. 오히려 그러한 역설을 명료화 시키려고 하면 할 수록 문제는 더 크게 대두되었다. X-선에 대한 컴프턴 산란 실험이 그러한 실례이다. 산란된 빛의 간섭효과에 관한 초기의 실험으로부터, 우리는 의심할 바 없이 다음과 같은 방식으로 산란 현상이 본질적으로 발생한다는 것을 알 수 있다: 입사 광파는 빔 속의 전자를 진동파로서 진동시키게 만든다: 따라서 진동 전자는 그 진동파의 진동수를 갖는 구상파(spherical wave)로 방사하게 되고, 그것이 바로 산란된 빛을 만들어 놓는다. 그러나 컴프턴은 1923년에, 산란된 X-선의 진동수가 입사된 X-선의 진동수와는 다르다는 사실을 발견하였다. 이같은 진동수의 차이는 광량자간의 충돌과정에서 생긴다. 즉 광량자의 에너지는 충돌과정에서 변한다는 것이다. 그리고 플랑크 상수에 대한 진동수의 정수배만큼이 바로 광량자의 에너지로 나타나기 때문에, 에너지의 변환에 따라 진동수 또한 변할 수 밖에 없다. 그러나 광파에 대한 이같은 해석에 있어서 발생하는 문제는 무엇인가? 산란된 빛의 간섭효과에 관한 것과, 한편 산란된 빛의 진동수 차이에 관한 두 가지 실험은 서로의 절충을 허용하지 않고 서로가 모순을 일으키는 것 같았다.

그 당시 많은 물리학자들은 이같은 모순적 현상이 모두 원자 물리학이 갖는 내재적 구조에 기인하는 것이라고 굳게 믿고 있었다. 또 1924년 프랑스의 드 브로이(de Broglie)는 우선적으로 파동과 입자간의 이원론에 대한 해결 방안을 전자를 통해서 보여 주었다. 그는 광량자가 광파에 대응되듯이 전자는 물질파에 대응된다고 하였다. 이때 대응이라는

용어의 의미가 정확하게 어떤 내용을 갖고 있는지는 당시까지만 해도 알려지지 않았다. 드 브로이는 보어의 양자 조건을 통해서 물질파를 해석하였다. 핵 주위를 돌고 있는 파동으로서의 전자는, 단지 기하학적 해석의 필요성 때문에 입자로서 즉 정지 파동으로서 다루어져 왔다. 그리고 전자 궤도의 폭은 파장의 정수배이다. 이와 같이 드 브로이는 양자 조건을 통해서 입자와 파동의 관계를 일원화 시켰다.

보어의 이론에서, 전자의 궤도 진동수와 방사된 복사선의 진동수의 차이는 전자 궤도에 국한하는 것으로만 해석되어야 했다. 이 전자 궤도의 개념은 초기부터 어느 정도 의문의 여지가 있었다. 그러나 안개 상자를 통하여 전자의 운동을 관찰한 바와 같이, 상위 궤도에 있는 전자는 핵으로부터 먼 거리를 두고 움직여야만 한다. 그러므로 상위 궤도에 대하여, 방사된 복사선의 진동수가 그 궤도 진동수 보다는 상위의 조화 진동수에 접근되었다는 사실은 매우 만족할 만한 것이었다. 보어도 그의 초기 논문에서, 방사된 스펙트럼선의 강도가 비슷하다는 사실을 이미 제시한 바 있었다. 이같은 대응원리로부터 시작하여 발전된 수학적 법칙은 두 가지 상이한 발전의 결과 얻어진 양자론에 대한 수학적 법칙중의 하나이다.

대응원리에 의해서 종래의 전자궤도 개념은 포기되어야 했으나 양자수가 높은 상태, 즉 거시세계에서는 고전적 개념이 유지될 수 있다. 후자 즉 거시 세계에서 방사된 복사선의 진동수와 강도는 전자 궤도의 그것과 같은 모습을 보여주고 있는데, 이 전자 궤도는 푸리에 전개식에 의해서 보다 잘 설명된다. 이같은 생각은 역학 법칙이 전자의 속도 v 와 위치 x 로서 성립된 방정식이 아니라 푸리에 전개식에서의 진동수 ν 와 파장 λ 로 성립된 방정식으로 기술되어야 함을 암시한 것이다. 이같은

전환은 원자의 바닥상태와 소궤도(小軌道)에 대해서 뿐만 아니라 복사선의 진동수와 강도에 대응되는 양자에 대해서도 관련성을 갖게 되리라는 희망을 주었다. 이 계획은 실제로 수행될 수 있었는데, 1925년 여름 이 계획은 매트릭스(matrix) 역학, 좀 더 일반적으로 말하면, 양자역학이라는 수학적 틀을 낳게 되었다. 이로써 뉴턴 역학에서의 운동방정식은 매트릭스 방정식으로 대체되었다. 에너지 보존의 법칙과 같은 뉴턴 역학의 고전적인 많은 결과들이 새로운 체계로 재표현 될 수 있다는 것을 찾아낸 것은 매우 획기적이었다. 훗날 보른(Born), 요르단(Jordan), 디랙(Dirac)의 연구 결과를 통해서 전자의 위치와 운동량을 표시한 각각의 매트릭스의 상호 변환의 불가능성이 증명되었다. 이같은 사실은 양자역학과 고전역학간의 본질적인 차이를 나타내준 것이다.

또 하나의 발전은 드 브로이의 물질파 이론에서 연유된다. 슈뢰딩거는 원자핵을 돌고 있는 드브로이의 정지파 개념에 대해서 새로운 파동 방정식을 세우려고 노력하였다. 1926년 초, 그는 자신의 파동방정식의 “고유치”로써 수소원자의 정지상태의 에너지 값을 도출하는데 성공했으며, 고전역학 방정식을 파동역학 방정식에 대응시키는 방식을 좀 더 일반화 하였다. 훗날 그는 파동 방정식에 대한 자신의 법칙이 양자역학의 초기 법칙과 수학적으로 동가임을 증명하였다.

결국 매트릭스와 파동방정식에서 출발한 두 갈래의 방식이 하나의 일관된 수학적 형식이 드러나게 되었다. 이같은 일관된 형식을 통해서 수소원자의 올바른 에너지 값이 제시되었다. 또한 일년도 채 못가서 헬름 원자와 그보다 더 무거운 원자에 관한 복잡한 문제에 대해서도 그 해결 방식이 제시되었다. 그러나 이 새로운 형식을 통해서 그 원자들이 어떤 의미로 기술되었는가 하는 것은 계속 문제로

남는다. 파동설과 입자설의 이원론적인 모순은 계속 풀리지 않고 남아 있었다. 즉 그 문제는 어떤 수학적 도식 속에 숨겨져 있는 듯 하였다.

1924년, 양자론의 근본적인 이해를 위한 매우 흥미로운 진전이 보어와 크래머, 그리고 슬래터에 의해 시작되었다. 이들은 파동설과 입자설 간의 명확한 모순성을 확률파의 개념으로써 해결하고자 했다. 전자기파도 단지 순수한 파동으로만 해석하지 않고 확률파로서 해석하였다. 이같은 생각은 에너지 보존법칙과 더불어 운동량 보존의 법칙도 단일한 대상에 대해서는 그 진위(眞僞)를 말할 수 없고 단지 통계적 법칙으로서만 다루어질 수 밖에 없다는 결론에 도달하였다. 이런 결론은 꼭 옳은 것이라고는 할 수 없었고, 복사선에 대한 파동적 측면과 입자적 측면 사이의 관계는 더욱 복잡하고 어려운 것으로 여전히 남게 되었다. 그러나 보어와 크래머, 그리고 슬래터의 논문을 통해서, 양자론의 정확한 해석에 관한 하나의 본질적인 모습이 드러나게 되었다. 이론 물리학에 있어서 확률파의 개념은 뉴턴 이래로 가장 획기적인 업적이었다. 수학이나 통계역학에서의 확률이란 실제적 상황에 대한 우리들의 인식의 정도를 나타낸다. 주사위를 던질 때 우리는 주사위의 낙하를 결정하는 손의 움직임 알 수 없으며, 따라서 어느 특정 숫자가 나올 확률은 1/6 밖에 안된다고 말한다. 그러나 확률파의 개념은 그보다 더 복잡한 의미를 지닌다. 확률파에서의 확률은 존재의 경향성을 의미한다. 이는 아리스토텔 철학에서 말하는 가능태의 개념에 대한 양적(量的)인 해석과 같다. 또한 이 확률파의 개념은 결정되지 않은 현상적 사건과 구체적인 현상 사건 사이에 있는 것으로서, 확률과 실재의 중간에 있는 기이한 물리적 실재이다.

양자론에 대한 수학적 체계가 확립된 다음에야 보른(Born)은 이 확률파의 개념을 다루

었고, 확률파로서 형성된 수학적 형식을 체계화 하였다. 확률파는 탄성파나 라디오파처럼 3차원적인 파동이 아니라 다차원의 배위(configuration space) 속에 놓여있는 파동이다.

1926년 여름이 될 때까지도 이와같은 새로운 수학적 형식 체계가 주어진 경험적 상황을 올바르게 기술할 수 있을까 하는 점에는 많은 사람들이 의구심을 갖고 있었다. 누구나 원자의 정지상태를 기술하는 방법을 알고 있었으나, 안개상자 속을 운동하는 전자의 예처럼 더 단순한 방법으로 원자 상태를 기술하는 데는 아직 불충분하였다. 1926년 가을 이후 몇 달 동안 코펜하겐에서 행해진 양자론 해석에 관한 집중적인 연구를 통해서 결국 - 많은 물리학자들이 그렇게 믿었듯이- 그 상황에 대한 완전하고 만족할만한 해명이 이루어 졌다. 그러나 이것은 쉽게 받아들여질 수 있는 성질의 것은 아니었으나, 최종적인 해답은 두 가지 방식으로 접근되었다. 그 하나는 주어진 실험적 상황을 기존의 수학적 도식으로써 어떻게 설명할 수 있겠는가 하는 문제와 연관지을 수 있다. 양자론의 가정은 뉴턴 이래 고전물리학의 기반을 이루어 왔던 많은 개념들의 사용을 제한하였다. 뉴턴 역학에서는 전자의 위치와 속도의 양을 측정할 수 있었고 관찰할 수도 있다고 보았다. 그러나 양자론에서는, 고도의 엄밀성을 갖고, 동시에 두 양을 같이 측정할 수는 없었다. 실제적으로 이 두 양의 곱은 플랑크 상수를 입자의 질량으로 나눈 값보다는 큰 것으로 나타났다. 이와 유사한 관계는 또 다른 실험적 상황에 대해서도 성립되었다. 이와 같은 관계는 보통 불확정성의 관계, 혹은 비결정성의 원리라고 불리우는데, 고전적 개념으로는 자연 세계에 대한 정확한 기술을 할 수 없다고 비로소 자각되었다.

두번째 접근 방식은, 실험적 상황이 수학적 형식 체계로 표현되는 방식과 같이 실제로 자

연세계에서 나타나는지의 문제와 관련시켜 볼 수 있는, 보어의 상보성(相補性) 개념을 통한 것이었다. 슈뢰딩거는 원자를 원자핵과 전자로 구성된 체계로 보지 않고, 원자핵과 물질파로 구성된 체계로 기술하였다. 물질파에 의한 모형이 확실히 유용하긴 하였다. 보어는 입자 모형과 파동 모형 두 가지를 다 고려했으며, 이 둘은 하나의 동일한 실재를 기술하는 두 가지의 보완체로 생각했다. 어떤 한 가지 기술 방식은 부분적으로만 옳으며 입자 개념 혹은 파동 개념 한 가지만 사용할 때에는 모순을 피할 수 없었다. 이같은 모순은 불확정성의 관계를 통해서 원만히 해결된다. 1927년 봄 이후, 이같은 불확정성의 개념에 기반을 두고 “코펜하겐 해석(Copenhagen Interpretation)”이라고 불리우는 양자론에 대한 일관된 해석이 등장하였다. 이 해석은 1927년 가을 브뤼셀에서 열린 솔베이 회의에서 엄격한 시험 과정을 거치게 되었다. 초기, 난제의 패러독스만을 야기시켰던 양자론의 실험들은 되풀이해서 상세히 논의 되었고, 특히 아인슈타인에 의해서 비판적인 검토가 이루어 졌다. 새로운 사고 실험을 통해서 양자론에서 발생 가능한 모든 가능성이 추적되었다. 그 결과, 양자론은 미시 세계에서 발생하는 모순 점에 대해서 정합적이고도 일관된 설명력을 갖게 되었다.

이렇게 에너지 양자의 존재에 대한 최초의 가설로부터 양자론의 완성에 이르기까지는 무려 사반세기 이상 걸렸다는 사실을 중시해 볼 때, 이러한 사실은 우리가 새로운 상황을 이해하고 수용하기 까지에는 그 기초적 개념에서부터 발생할 수 밖에 없는 커다란 변화의 진통을 겪어야 한다는 것을 보여주고 있다.[5]

Ⅲ. 양자역학의 기본 가설과 원리

1. 양자역학의 기본 가설

양자역학의 가설들은 다음과 같이 5 가지로 요약할 수 있다.

- (1) 물리적인 계에 대하여 그 계의 알려진 모든 정보를 포함하고 있는 상태함수 (state function) ψ 가 존재한다. 그런데 한 계가 한 개의 상태로 표시될 수 있는 경우 이계를 순수 상태(pure state)라고 부르고 그렇지 않는 경우를 혼합 상태라고 부른다.
- (2) 물리적으로 측정할 수 있는 모든 $f(x, p, \dots)$ 양에는 수학적으로 선형, Hermite 인 연산자 $f(x_{op}, p_{op}, \dots)$ 가 대응된다. 여기서 연산자 x_{op}, p_{op} 는

$$[x_{i,op}, p_{j,op}] = i\hbar \delta_{ij} \quad (3)$$

(첨자 op 생략되기도 한다)

의 관계가 있다. 이 식은 양자화 식이라고 하며 Heisenberg에 의하여 처음 쓰여졌던 식이다. $p_{op} = \frac{\hbar}{i} \nabla$ 로 쓰는

것은 Schrödinger 묘사에서 사용되는 특별한 경우라고 생각할 수 있으며 방정식 (3)이 보다 더 일반적인 양자화 식이다. 이 연산자의 성질로부터 그 물리량을 측정할 때의 결과를 얻을 수 있다.

- (3) 이 물리적 양을 한 번 측정하였을 때 가능한 측정치는 그 물리량에 해당되는 연산자의 고유치들 중의 어느 한 값만이 될 수 있다.

- (4) 한 물리적 양을 측정하였을 때 어느 고유치가 측정될 확률은 상태함수를 그 양의 연산자의 고유함수로 전개했을 때 전개 계수의 절대치 제곱에 비례한다. 즉 연산자 f 에 대하여

$$f \psi_n = a_n \psi_n \quad (4)$$

$$\psi = \sum c_n \psi_n$$

이면 ψ_n 에 대응하는 고유치 a_n 을 측정하게 될 확률은 다음과 같이 표시된다.

$$|c_n|^2 = |(\psi_n, \psi)|^2 \quad (5)$$

- (5) 만일 어느 계에 대한 상태함수 ψ 가 어느 특정한 시간에 알려졌다면 그 뒤 상태함수의 시간에 대한 변화는 Schrödinger 방정식

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(x, t) = H \psi(x, t) \quad (6)$$

에 의하여 정해진다.[6]

2. 불확정성 원리와 상보성 원리

사람은 사물을 서로 모순되고 대립되는 두 가지 개념으로 나누어 파악하려는 경향을 갖고 있다. 선과 악, 음과 양 같이 서로 대립되는 개념으로 나누어 사물을 파악하려고 하는데, 물리학자들도 적어도 고전물리학에서는 자연 현상을 기술하는데 대립되는 두 가지 개념을 도입한다. 먼저 실체와 현상을 구별한다. 물과 물결과를 예로 들면 물은 항상 존재하는 실체이고 물이 진동하여 생기는 파동, 즉 물결파는 실체로서 존재하는 것이 아니라 실체인 물이 운동함으로써 나타나는 현상에 불과하므로 생겨나기도 하고 없어지기도 하는

하나의 허상에 불과하다. 모든 파동은 실체라 부르는 무엇이 진동하여 생긴 것이므로 허상이라고 부른다면, 전기를 띤 입자가 진동할 때 나타나는 전자파도 허상에 불과하며 전자파의 일종인 빛도 전기 입자의 진동을 나타내는 운동 현상에 불과한 허상이어야 할 것이다. 무엇이 실체인가 하는 문제는 쉽게 따질 수 없는 것이지만 적어도 고전역학의 입장에서는 입자는 실체이고 파동은 하나의 운동현상이다. 그런데 입자와 파동은 개념적으로 양립할 수 없는 성질을 갖고 있다. 입자는 하나씩 떼어서 셀 수 있는 것이고 파동은 하나, 둘 이렇게 셀 수 없고 연속적인 개념으로만 파악할 수 있는 것이다. 입자와 파동은 구별할 수 있는 성질은 많으나, 입자는 어떤 일정한 범위의 공간에 가두어 둘 수 있는 반면에 파동은 반드시 전파되어야 한다. 적어도 자유로이 움직일 수 있는 상태라면 파동을 일정한 범위의 공간에 가두어 둘 수 없고 입자는 가두어 둘 수 있다. 단순 논리로 따진다면 어떤 것을 가두어 둘 수 있거나 없거나 둘 중에 하나만 가능하다. 따라서 이 어떤 것은 입자이거나 파동이거나 둘 중 하나이지 입자이기도 하고 파동이기도 할 수는 없어야 한다. 그런데 실상은 그렇지 않다. 원자 이하의 세계에서는 모든 입자가 파동의 성질도 보이고 입자의 성질도 보인다. 전자파의 일종인 빛도 파동의 성질과 더불어 입자의 성질을 보이는 것은 물론이다. 이것이 바로 미시 세계에서 자연이 나타내 보이는 파동-입자의 이중성이다.

인간의 논리와 사고방식이야 어떻든 자연이 이중성을 갖는 것이 밝혀진 이상, 물질을 입자와 파동으로 나누어 생각하는 고전물리학적 개념을 버리고 이중성을 받아들여 설명할 수 있는 새로운 역학 체계가 필요할 것이다. 이 새로운 역학 체계가 양자역학인데, 양자역학에서는 입자가 갖는 파동성을 입자가 존재할 수 있는 확률이 파동적 성질을 갖고 나타남

것이라고 본다. 입자-파동의 이중성이 입자의 존재 확률을 나타내는 확률파에 기인한다고 설명하면 물리량의 측정에 어떤 제약이 따르게 마련이다. 이 제약을 수치적으로 나타낸 것이 하이젠베르크의 불확정성 원리이고, 이 원리를 일반화 시켜 입자-파동과 같이 대립되는 개념이 상보적으로 작용하여 기술되며, 이 상보적인 개념에 따라 상보적인 물리량이 정의되는데 이 상보적인 양을 동시에 정밀하게 측정할 수 없다는 것이 보어의 상보성 원리이다.

1) 불확정성 원리

입자가 입자-파동의 이중성을 갖는다는 것은 움직일 수 없는 사실이므로 물리량의 측정에 따른 정밀성을 재검토할 수밖에 없게 된다. 입자가 발견할 확률은 우주 공간 전체에 걸쳐 퍼져 있는데, 어느 한 곳에서 입자를 발견했다면 다른 곳에서 입자를 발견할 확률이 0 이 된다는 것은 측정 행위 자체가 측정 대상에 어떤 영향을 미친 결과라고 볼 수 있기 때문이다. 이런 관점에서 하이젠베르크는 물리적 실체를 양으로 나타낸 물리량은 측정이 어떻게 수행되었는지 분석해야만 의미를 갖는다고 보았다.

사람이 현미경으로 전자를 본다는 것은, 빛이 전자에 부딪친 후 이 빛이 현미경을 통하여 사람의 눈에 들어와 전자가 있는 위치에 관한 정보를 준다는 것을 뜻한다. 빛은 일정한 파장을 가진 파동인데, 파장이 짧은 빛을 사용할수록 위치를 더 정밀하게 측정할 수 있다. 원리적으로 사용한 빛의 파장보다 더 짧은 길이를 측정할 수 없기 때문이다. 그런데 빛은 파동이자 입자로서 운동량을 가지므로 전자에 부딪칠 때 충격을 주어 전자를 움직이게 만든다. 파동은 파장이 짧을수록 큰 운동량을 가지므로 위치를 정밀하게 측정하려고 짧은 파장의 빛을 사용하면 파장이 짧을 수록

더 큰 충격을 주게 되어 빛이 전자에 부딪칠 때 전자의 속도가 더 크게 변할 수 밖에 없게 된다. 물리학자들은 속도라는 개념보다 더 기본적인 개념으로 운동량이라는 개념을 사용하는데, 전자의 위치를 정밀하게 측정할 수록 전자의 운동량에 관한 정보는 정밀도가 떨어지게 마련이다. 따라서 어떤 입자의 물리적 상태는 위치와 운동량 모두를 정확히 결정하여 나타낼 수 없고 위치와 운동량 모두에 어느 정도의 오차, 즉 불확정도를 가지고 기술할 수밖에 없다는 것이 불확정성 원리이다. 만일 운동량을 정확하게 측정하면 입자가 어느 곳에 있는지 말할 수 없고, 위치를 정확하게 측정하면 입자의 운동량이 얼마인지 전혀 알 수 없게 된다. 그런데 불확정성 원리는 입자의 위치와 속도에만 적용되는 것이 아니다. 에너지와 측정 시간에도 적용될 뿐만 아니라 모든 물리량에 적용된다. 이 사실을 보편적 원리로 정해놓은 것이 보어의 상보성 원리이다.

2) 상보성 원리

보어는 불확정성 원리가 모든 물리량에 적용된다고 보았다. 물리학에서는 물리적 실체에 물리량을 대응시키고 이 물리량을 결정함으로써 실체를 기술하는데, 이 물리량에는 이 물리량과 상보적이라고 부르는 어떤 양이 있게 마련이다. 예를 들면 입자의 운동량과 위치는 상보적인 양이며, 에너지와 측정시간 역시 상보적인 양이다. 이들뿐만 아니라 모든 기본적인 물리량은 짝이 되는 상보적인 물리량을 갖게 마련이다. 짝을 필요로 하지 않는 물리량은 기본적인 물리량이 될 수 없고 기본적인 물리량으로부터 결정되는 양일 뿐이다. 이것은 고전역학에서나 양자역학에서나 다 마찬가지이다. 차이점이란 이 한쌍의 상보적인 양들을 동시에 정확히 결정할 수 있느냐 없느냐에 있다.

불확정성 원리가 수학적 진술인데 반하여 상보성 원리는 철학적이고 포괄적인 진술이라 할 수 있다. 즉, 상보성 원리는 불확정성 원리를 이해하는 인식론적 틀을 제공한다고 볼 수도 있다.〔7〕

IV. 양자론의 해석과 비판

1. 양자론의 코펜하겐 해석

지금까지 자연현상에 관한 모든 운동 법칙은 그것이 거시 세계에 관한 것이거나 미시세계에 관한 것이거나 할 것 없이 모두 고전물리학의 개념으로 설명되어 왔다. 물리학의 개념은 실험장치의 방법을 기술하거나 실험의 결과를 수식으로 기술한 언어로 구성되어 있다. 그것은 개념을 타당성있게 설명할 수 있고 그 언어 이외로는 그 개념을 적절하게 설명할 수 없는 필연적인 과학 언어이어야 한다. 이와 같은 물리학의 언어가 현대물리학의 불확정성원리의 등장으로 인해서 적용 범위의 폭이 크게 제한되었다. 따라서 이제는 고전적 개념으로는 자연 현상 특히 미시적인 원자의 모습을 충분히 설명할 수 없게 되었다.

이같은 변화를 이해하기 위해서, 고전물리학과 양자론에서 행해지는 실험에 대한 이론적 해석의 차이를 비교해 보자. 고전물리학 즉 뉴턴 역학에 의하면, 운동하고 있는 흑성의 위치와 속도를 측정함으로써 흑성의 운동량과 기준 좌표계에 대한 수식을 유도할 수 있다. 이렇게 성립된 운동 방정식은 먼저 시간 t 에서의 운동량과 좌표값으로부터 나중시간 $t + \Delta t$ 에서의 좌표값과 그 외의 다른 모든 값을 유도해 내는 데 사용된다. 그리고 이와 같은 방식으로 천문학자들은 후일의 흑성운동을 추적할 수 있다. 즉, 미래의 일식이나 월식의 날짜와 시간을 정확히 예측할 수 있는 경우가 그것이다. 그런데 양자론의 전개 방식

은 매우 독특하게 이루어졌다. 안개 상자를 통해서 전자의 운동이 관찰될 수 있으므로, 이 관찰을 토대로하여 전자의 초기 위치와 속도를 결정할 수 있다고 보았다. 그러나 이러한 결정은 지나친 추상화의 결과이다. 안개 상자를 통한 관찰은 불확정성에 의해서도 큰 오차를 받게 될 수도 있다. 그러므로 관찰의 결과를 양자론의 수학적 도식으로 전환하는데 있어서 가장 먼저 고려해야 될 것이 바로 이러한 오차의 범위에 관한 것이다. 이러한 문제를 신중하게 연구한 끝에 나온 결과가 양자역학에서 중요한 역할을 차지하고 있는 확률함수의 발견이다. 확률함수는 측정할 때 발생할 수 있는 모든 가능한 오차를 포함한 실험적 상황을 기술한 수학적 도식이다.

확률함수는 두 가지의 양면성을 포함하고 있다. 하나는 객관적인 사실 자체이고 또 한 가지는 그 사실을 관찰하는 관찰자의 인식 과정이다. 확률함수는 초기 상태에 확률 단위 값(즉 확률적이 아닌 완전히 확실한 값)이 부여될 때만 객관적 사실을 나타낸다. 운동하는 전자의 위치와 속도를 관찰한다고 할 때, 이때의 "관찰"이란 의미는 당시의 실험 상황 내에서만 정확성을 갖는 관찰을 의미한다. 즉 다른 사람이 다른 상황에서 관찰했을 때 더 정확한 값을 얻을 수도 있다. 실험 과정에서 생기는 오차는 전자 자체에 기인한 것이 아니라 전자에 대한 관찰자의 인식이 완전하지 않기 때문이다. 따라서 이같은 인식의 불완전성 혹은 인식의 주관성을 확률 함수로 나타내고자 하는 것이다.

고전 물리학에서도 주의깊은 관찰을 해보면, 관찰자의 오차를 확인할 수 있다. 고전물리학에서의 확률 분포의 개념이 양자역학에서의 확률함수와 어떤 점에서 매우 유사하지만, 불확정성 원리에 의한 불확실도는 고전역학에서 전혀 찾아 볼 수 없다. 양자론에서 확률함수가 초기의 관찰 시기 t 에서부터 결정되었

을 때, 그 양자론의 법칙으로부터 나중시간 $t + \Delta t$ 에 있어서의 확률함수를 계산해 낼 수 있으며 따라서 측정된 양의 값에 대한 확률을 결정할 수 있다. 예를 들어, 안개 상자 속에서, 주어진 위치에서 일정 시간이 흐른 후 전자의 위치가 어디로 변할 것인가에 대한 확률을 예측할 수가 있다. 그러나 확률함수 자체가 시간의 추이에 따른 사건 현상의 추이를 나타내는 것은 분명히 아니다. 그것은 단지 사건 현상의 경향성과 그 현상에 대한 관찰자의 인식의 정도를 나타낼 뿐이다. 이와 같은 모든 조건이 충족될 때에만 비로소 확률함수는 물질 현상의 실체를 설명할 수 있다. 측정방법이 그 체계의 성질을 좌우하게 되는 것이라면, 오직 그때에만 확률함수를 통해 새로운 측정 방법에 의한 확률적 결과를 계산해 낼 수 있다. 측정에 의한 이같은 결과는 고전물리학의 개념으로서도 설명이 가능하다. 그러므로 실험에 대한 이론적 해석은 다음의 세가지의 상이한 단계를 요구하게 된다. (1) 초기의 실험적 상황을 확률함수로 다시 표현하는 작업, (2) 시간 추이에 따른 확률함수의 추적, (3) 새로운 측정 방법을 체계화 시키는 작업과 확률함수로부터 유도되는 결과를 수용하는 단계가 그것이다. 첫째 단계로서 불확정성 원리를 만족시켜야 한다는 필요조건을 들 수 있다. 둘째 단계는 고전적 개념으로써 도저히 기술될 수 없다. 즉 초기 관찰(initial observation)과 그 다음 측정(next measurement) 사이의 불확정 관계를 고전역학에 의해서는 설명할 수 없다는 점이다. 셋째 단계에 있어서, 확률함수의 해는 "가능태"에서 "현실태"로 변한 결과를 의미한다.

양자론을 이해하기 위한 과정에서 진정한 난제는 다음과 같은 질문을 통해서 드러난다. 즉 원자 상태에서 '실제적'으로 일어나는 현상이 무엇인가 하는 질문이다. 여기서 '실제적'이라는 표현은 양자론이 고전적 개념과는 전

혀 다르다는 것을 암시한다. 이러한 암시가 양자론에서 가장 중요한 확률 함수를 낳게 하였다. 확률 함수는 원자상태에 대한 인간의 주관적 인식을 표현하는 경향성, 혹은 가능태를 표시하는 수학적 표현인 것이다. 우리는 관찰의 결과를 완전하게 객관화시킬 수 없으며, 결국 두 관찰 행위 사이에 발생하는 차이를 인정할 수 밖에 없다. 이렇게 관찰하는 방식에 따라 결과의 차이가 생긴다면, 이는 곧 과학 이론에 주관주의가 개입되고 있음을 의미하는 것처럼 보인다. 관찰 행위 자체가 관찰 결과에 결정적 영향을 미친다는 사실은 고전적 개념으로는 이해되기 어려운 점이다. 이러한 사실을 명확히 하기 위해서 관찰 행위 혹은 관찰 작용에 대하여 좀더 자세히 살펴보기로 하자. 보통 관심 영역은 인간 자체를 포함한 전체적 우주에 있기 보다는 우주의 한 부분에 국한되는 경우가 많다. 그런데 원자물리학은 원자나 소립자 같은 매우 작은 미시세계의 물질을 연구한다. 그러나 그 크기가 근본적 문제는 아니다. 원자물리학에서는 관찰자를 포함한 우주의 모든 부분이 객관화된 대상으로 될 수 있다는 점이 중요한 것이다.

그런데 확률 함수는 양자론의 법칙을 따라 만들어진 것이다. 그것은 초기 상태가 주어진 후 시간의 추이에 따른 상태 변화를 설명할 수 있다. 또한 확률 함수를 통해서 객관적 요소와 주관적 요소가 결합될 수 있다. 즉 가능태 혹은 경향성에 관한 명제와 관찰자의 독립된 객관성에 관한 명제를 같이 포함한다. 확률함수는 대상 체계에 대한 관찰자의 주관적 인식을 포함하는데, 여기서 주관적이라 함은 관찰 인식자의 임의성을 의미하는 것이 아니라 단지 다른 관찰자에게는 다른 결과의 값이 나올 수 있다는 점에서 쓰고 있다. 확률 함수에 있어서 주관적 요소가 객관적 요소와 비교해서 실제로 거의 무시되는 경우가 있는데, 물리학자들은 이런 경우를 '순수 경우'(pure

case)라 부른다.

대상을 관찰함에 있어서 대상 외적인 요소도 매우 중요하다. 대상 외적인 요소는 실험 도구와 장치등을 말한다. 확률함수에 대한 운동 방정식은 실험장치에 의해서 발생하는 영향력을 포함하고 있다. 이 영향력이 불확정성을 생기게 하는 새로운 요소로 등장한다. 실험장치도 일종의 관찰자 역할을 하는 셈이다. 관찰 대상을 관찰하고자 할 때, 실험 장치의 수단은 반드시 필요하다. 앞서 말한 불확정성은 실험 장치의 부정확성에서 야기되는 오차를 의미한다기 보다는 실험장치와 관찰 대상간의 상호작용에서 생기는 영향력을 의미한다. 실험 장치에 의한 불확정성은 관찰자에 의존됨이 거의 없고 고전물리학으로도 설명될 수 있기 때문에 객관적 성격을 가지고 있다. 또한 미시세계에 대한 관찰자의 불완전한 인식을 나타낸다는 점에서 주관적 성격이 있다고 말할 수 있다.

이와 같이 확률함수는 경향성이라는 객관적 요소와 불완전한 인식이라는 주관적 요소를 함께 가지고 있다. 어쨌든 관찰의 결과를 정확하게 예측할 수는 없다. 다만 그 결과를 확률로서만 예측 가능하며 여러번의 실험을 통해서 확률값의 근접도만 높일 뿐이다. 뉴턴 역학과는 달리, 확률 함수는 어떤 사건들을 기술하는 것이 아니라 관찰 과정에서의 가능사태의 전체 조합을 표현한다. 관찰 자체를 통해서 확률함수는 불연속적인 변화가 일어난다. 관찰은 가능 사태를 현실화시키는 것이다. 관찰과 더불어 대상 체계에 대한 관찰자의 인식도 불연속적이다. 또한 그것을 포함한 수학식도 불연속적 형태를 지닌다. 양자도약(quantum jump)이 그 실례이다. 그러므로 "가능태"에서 "현실태"로의 전이는 관찰행위를 통해서 일어난다. 그 전이과정은 정확한 인과율의 법칙에서 벗어나 있다. 외적인 상호작용이 있기 때문이다. 관찰자 자신, 모든 관

찰 수단, 그 외에 한정되지 않은 많은 요소 때문에 그러한 결과가 나온다.

그러면 원자 세계에 대한 객관적인 기술을 반드시 해야만 하는가? 고전물리 과학은 신념에서부터 출발했다. 우리는 우리 자신, 즉 인간이 없더라도 이 세계는 존재할 수 있다고 말한다. 런던시는 우리가 그것을 보고 있는지 그렇지 않든지 상관하지 않고 존재하고 있다. 고전물리학은 인간의 주관과 별개로 세계가 존재할 수 있다는 신념을 추상화 시킨 바로 그것이다. 객관성이란 과연 무엇인가? 코펜하겐 해석은 바로 이와 같은 객관성에 대하여 반성의 자세를 갖고 있다. 그러나 분명한 것은 양자론은 과학이며 따라서 순수한 주관주의에 포함되서는 안된다. 양자론에 물리학자의 주관적 정신이 개입되어야 한다고 말하는 것은 지나친 반발일 뿐이다 그러나 과거와 같이 주관과 객관의 엄격한 분리를 주장하지는 않는다. 이 분리는 과거 방법론의 중요한 태도였다. 그러나 오늘날 현대물리학에서는 엄격한 분리가 있을 수 없으며 양쪽의 상호 관계성을 중시하고 있다. 완전한 객관성이란 환상일 수 있다는 것이다. 이 점은 양자역학에서 객관성에 대한 맹목적인 신봉이 무너진 이후, 주관성이란 과연 의미화할 수 있는 것인지의 기준 문제가 뚜렷할 수 없기 때문에 나온 말이다. 분명한 것은 객관성이란 표어 아래 인간의 정신이 매몰될 수 없다는 점이다. 우리가 관찰하고 있는 것은 그 자체로서의 자연이 아니라 인간의 자연에 대한 질문방식 속에 나타난 자연이다. 물리학에서의 우리의 과학적 작업은 자연에 대하여 어떤 방식으로 질문을 해야할 것인가를 포함하고 있다. 자연은 우리와 떨어져서 멀리 존재하는 것이 아니다. 자연은 존재의 드라마이다. 그 속에서 인간은 배우도 되고 관객도 되는 것이다. 자연은 나와 관계될 때 진정한 모습이 드러난다.[8]

2. 양자론에 대한 붕계의 해석

붕계는 인과성과 결정성을 부정하는 것으로 간주되는 양자 이론에 대한 코펜하겐 학파의 해석을 보음의 해석을 중심으로 비판하고 있다.

그에 따르면, 미시 세계에서 '동일한' 물리적 상황 다음에 예측할 수 없는 방식으로 수많은 다른 상태들이 뒤따라 나올 수 있다는 의미에서 인과성을 배제하지만, 인과성에 대한 이러한 제한이 결정론의 붕괴를 수반하지는 않는다. 왜냐하면 통계적 결정론이 그 해석에서 분명히 유지되기 때문이다. 더군다나 양자이론에 대한 통상적인 해석도 인과성의 범위를 제한하는 것이지 그것을 완전히 거부하지는 않는다. 따라서 우리는 어떤 물리계가 상태 1에서 상태 2로 이동하는 것에 대한 확률을 평가하는 경우에, 우리는 이 이동을 어떤 힘(원인)의 탓으로 돌리는 경우가 자주 있다. 여기서 원인과 결과는 인과율에서 주장하는 항상적이고 유일한 방식, 즉 필연적인 방식으로 결합되어 있지는 않다. 다시 말하면 양자이론에 대한 통상적인 해석은 원인과 결과를 배제하는 것이 아니라 원인과 결과 사이의 엄격한 인과적 연결을 배제하는 것이다.

따라서 붕계에 따르면 코펜하겐 학파의 해석은 실제로 일반적인 의미에서의 결정론을 배제하지는 않는다. 더 나아가 그것은 어느 정도 인과성을 간직하고 있다. 다만 그것은 뉴턴적 결정론을 철저하게 배제한다. 뉴턴적 결정론에 따르면 모든 물리적 과정들은 이전의 운동 상태와 외부에서 가해진 힘들에 의해 결정되는 위치의 변화들로 된다. 코펜하겐 해석에 따르면, 뉴턴적 결정론은 양자이론에 의해 부정된다.

양자이론에 대한 어떤 해석을 받아들이든, 양자이론은 일반적인 결정론을 없애는 것이 아니라 뉴턴적 결정론을 거의 포기하는 것이

다. 최근의 과학들은 인과율의 타당성의 영역을 일방적으로 확대시키지도 축소시키지도 않는다. 어떤 현상들은 기존에 그것들에 부여했던 인과적 성격을 없애고, 다른 현상들은 인과적 측면을 가진 것으로 인정된다. 게다가 비인과적 결정의 형태들이 어느 정도 인과관계와 연관이 있는 것으로 보여진다. 결정론의 일반적인 문제와 연결시켜 볼 때 최근 과학에서 눈에 띄는 전반적인 추세는 인과성으로부터 점점 이탈하고 있다기보다는 인과율의 범위와 의미의 변화와 더불어 결정의 형태가 점진적으로 다양화되고 있다는 것이다.[9]

3. 양자론의 코펜하겐 해석에 대한 비판

양자론에 대한 코펜하겐 해석은 19세기 자연과학을 풍미했던 유물론적 경향에서 벗어난 계기가 되었다. 이러한 유물론적 태도는 당시의 자연과학의 근본 입장이었을 뿐만 아니라 몇몇 철학체계 속에서도 나타나고 있었고 일반 사람들의 마음속까지도 깊이 사로잡고 있었다. 그렇기 때문에 코펜하겐 해석이 나오자 이에 대항하는 고전물리학과 유물론적 철학의 계열에서 있는 비판적 시도가 다시 대두되었다. 이러한 비판을 다음과 같이 세 가지 부류로 나누어 볼 수 있다.

첫째 부류는 코펜하겐 해석을 바꾸지 않으면서 코펜하겐 해석의 언어를 고전물리학의 언어로 재표현하려고 하는 사람들이다. 다시 말해서, 물리학의 개념을 바꾸지 않으면서도 그 철학적 의미를 전환시켜 보려는 노력인 것이다. 첫째 부류에서 나온 몇몇 논문들을 보면, 코펜하겐 해석에 대한 실험적 예측의 폭을 그 이전까지 수행되어 왔던 고전적 의미의 실험 영역으로 제한시키고 있는 것을 알 수 있다.

둘째 부류에서는 실험 결과가 코펜하겐 해

석의 예측 폭 안에 들어오는 것이라면, 이 해석은 그런 정도에서만 타당한 것이라고 보는 소극적 입장을 갖고 있다. 그러므로 여기서 나온 논문들은 양자론에 대하여 수용적 관점에서의 비판 태도를 보이고 있다.

마지막 세번째 부류에서는 명확한 대안을 세우지 않은 채, 단지 코펜하겐 해석의 결과들, 특히 그 해석에 관한 철학적 결론에 대하여 불만족스러움을 표시하고 있다. 아인슈타인, 폰 라우에(von Laue), 그리고 슈뢰딩거의 논문을 역사적으로 보면 첫째 부류에 속하지만, 논문의 전반적 경향은 이러한 세째 부류에 속하고 있다.

그러나 코펜하겐 해석에 대한 반대 세력들의 공통된 점이 하나 있다. 즉 그들 모두는 고전 물리학에서의 실체 개념, 혹은 좀 더 일반화된 철학 용어를 빌리면, 유물론적 존재론으로 회귀하려는 태도를 갖고 있다는 점이다. 그들은(반대입장) 우리가 세계를 관찰하고 있는지 관찰하고 있지 않든지에 상관없이 - 돌이 있고 나무가 있는 것과 같은 의미로 - 이 세계를 구성하고 있는 최소 단위의 물질이 존재한다고 믿는다. 결국 그들은 객관적 실재 세계의 개념을 고수하고 싶어하는 사람들이다.

그러나 위와 같은 태도는 불가능하다. 최소한 완전하게 가능할 수는 없다. 왜냐하면 원자 현상에 대하여 엄밀한 객관성을 찾는 것이 불가능함을 알기 때문이다. 그들은 원자 현상에 대한 엄밀한 추적을 한다기 보다는 단지 그 현상을 이해하고자 할 뿐이다.

첫째 부류에서 나온 연구 논문들을 분석해 보면, 그들의 해석이 부정적으로만 반박될 수 없다는 점을 인정해야만 한다. 왜냐하면 그들은 단지 코펜하겐 해석을 다른 형태의 언어로 반추한 것에 지나지 않기 때문이다. 엄밀한 실증주의적 관점에서 보면, 그들은 코펜하겐 해석에 대한 반론에 관심을 갖고 있다기 보다

는 다른 형태의 언어로 그것을 재표현하려는 데에 더 관심을 갖고 있다고 말할 수 있다. 그래서 그들은 이 언어의 적합성 여부를 논의할 수 있을 뿐이다. 반론의 한 부분은 “숨겨진 매개자”(hidden parameters) 양자론의 법칙은 실험의 결과를 통계적으로만 결정할 수 있기 때문에, 고전적 관점에서 볼 때, 평범한 실험을 통해서도 객관적으로 관찰되지 않으면서도 동시에 실험의 결과가 정상적인 인과율의 방식에 따라 결정되는 그와 같은 “숨겨진 매개자”가 존재한다고 믿었다. 그러므로 몇몇 연구 논문을 통해 양자역학의 구조 속에서 이러한 매개자의 추상적 개념을 구축하고자 하는 노력이 있어 왔다. 그 실례로서, 위의 계열을 따라 보姆(Bohm)은 코펜하겐 해석에 대한 반론의 대안을 제시하였다. 그는 드 브로이의 이론을 확장시켜 좀 더 상세한 해석을 전개하였다. 보姆은 입자를 뉴턴 역학에서의 質點(point mass)과 같이 “객관적으로 실재하는”(objectively real)하는 대상이라고 보았다. 또한 그의 해석에 의하면, 배위공간(configuration space) 속에서의 파동은 전자장과 같은 객관적 실재이다. 배위공간은 역학체계에 속하는 모든 점에 대해 상이한 좌표계에 각각 대응되는 다차원 공간을 의미한다. 여기서 우리는 첫번째 어려움에 직면한다. 배위공간에서의 파동을 “실재적”이라고 하는 의미는 무엇인가? 배위공간은 매우 추상화된 공간이다. “실재”라는 말은 “사물”(thing)을 의미하는 라틴어의 “것”(res)이라는 말에 그 어원을 두고 있다. 그러나 사물은 경험적인 3차원 공간에 존재하는 것이지, 추상적인 배위 공간에 존재하는 것이 아니다. 파동이 관찰자에 의존됨이 없이(관찰자와 독립적으로) 존재하는 것이라고 한다면, 배위공간 안에 있는 파동을 “객관적”이라고 할 수 있다. 그러나 “실재적”이라는 말의 의미를 수정시키지 않는한, 파동을 “실재적”이라고 말

하기는 힘들다. 보姆은 계속 불변항의 파동 위상(constant wave-phase) 평면에 대한 수직선을 입자의 궤도선이라고 정의한다. 이 선 가운데에서 “실재적”인 궤도는 체계의 기술 방법(history)과 측정 도구에 의존된다. 그리고 실제로 인식되는 정도 이상으로 그 체계와 측정 장치에 대한 지식이 미리 있어야만 그 궤도선은 결정될 수 있다. 이 기술 방법은 사실상 숨겨진 매개자 속에 포함되어 있다. 그리고 이 숨겨진 매개자는 우리가 실험하기 전부터 존재하는 “실제적인 궤도”(actual orbit)이다.

파울리가 강조한대로, 이런 해석에 대한 한 가지 결론은, 바닥 상태에 있는 원자 내부의 전자들은 정지해 있어야 하고, 따라서 원자핵 주위를 도는 궤도 운동은 성립될 수 없다는 점이다. 바닥 상태의 전자 속도에 대한 측정 은 항상 바닥 상태로 분포된 속도로 나타나기 때문에, 위 사실은 모순된 실험인 것처럼 보인다. 그러나 여기서 보姆은 속도 측정이 더 이상 일반적인 법칙으로는 구해질 수 없다는 점을 주장할 수 있게 된다. 그는 정상적인 속도 측정이 분포된 속도로 나타난다는 사실에 대해서 동의한다. 그러나 측정 장치에 대해서 양자론이 도입된다면 - 특히 보姆에 의해서 소개된 기묘 양자 포텐셜(strange quantum potential)이 다루어 진다면 - 전자는 “실재적으로” 항상 정지해 있다고 해도 될 것이다. 전자의 위치를 측정하기 위해서, 보姆은 위의 실험에 대한 일상적 해석을 옳은 것으로 간주한다. 그러나 속도 측정을 위해서는 그런 해석이 거부된다. 그 대가로서 보姆은 스스로 다음과 같이 주장한다. “우리는 양자론의 영역 내에서 개별적 체계에 대한 엄밀하고도 이상적이며, 객관적인 기술을 스스로 철회시킬 필요는 없다.” 그러나 이와 같은 객관적 기술 방법은 그 자체로서 “관념적인 초격자구조”(ideological superstructure)와 같은 중

류를 나타낼 뿐이며, 직접적인 물리적 실재와는 거리가 먼 듯하다. 왜냐하면, 양자론의 구조가 본질적으로 변하지 않는 한, 보옴의 해석 가운데에서 나타나는 숨겨진 매개자는 물리 현상에 대한 실제적 탐구과정 속에서 결코 드러나지 않는 류의 개념이기 때문이다.

이런 어려움을 피하기 위하여, 보옴은 소립자에 대한 앞으로의 실험을 통해서 숨겨진 매개자가 물리적 역할을 충분히 수행할 수 있다는 점과, 따라서 양자론의 많은 부분이 잘못된 것으로 증명될 것이라는 가설적 기대를 보여주고 있다. 이와 같은 기이한 기대가 표현되었을 때, 그는 숨겨진 매개자가 구조상에 있어서 아래와 같다고 말했다. “우리는 언젠가는 $2 \times 2 = 5$ 로 될 것이라는 기대를 할 수 있다. 왜냐하면 그것이 우리 재정상 크게 유리하기 때문이다.” 실제적으로 보옴의 이같은 기대가 충족될 때 양자론은 물론이거니와 보옴 자신의 해석론도 그 기반이 상실되고 만다. 물론, 앞서 언급된 비유가 보옴에 의해서 양자론이 자신의 이론으로 대체되어야만 한다는 사실을 입증하는 논리적이고도 필연적인 연관관계는 결코 될 수 없다. 만약 수리논리의 영역이 확장되어 $2 \times 2 = 5$ 가 되는 예외적인 경우가 수학 안에 포용되어 경제학이나 다른 학문 분야에서 사용될 수도 있다는 가정이 전혀 상상할 수 없는 것은 아니다. 그렇지만 위와 같은 수학에서의 변화는 그 논리적 기반이 없을 뿐더러 우리에게 아무런 도움도 주지 못한다는 사실이 확실하다. 그러므로 보옴에 의해서 그의 기대가 실현되었다고 해도, 그의 새롭고 기이한 수학적 방법으로 물리현상이 설명될 수 있겠는가 하는 점을 이해하기란 매우 어렵다.

우리가 양자론을 대체할 만한 이같은 가능성을 무시한다면, 앞서 지적한 바와 같이, 보옴의 언어가 물리세계를 타당성있게 설명할 수 있는가 하는 적합성의 문제만이 남아있다.

보옴은 “관념적 초격자 구조”의 개념을 갖고서 양자론 속에 내재된 위치와 속도의 상호 불확정성 관계를 붕괴시키려고 한 의도가 분명하다. 보옴은 위치 측정에 대해서는 통상적인 해석 방법을 받아들이고 있으나, 속도나 운동량 측정에 대해서는 통상적 방법을 거부한다. 위치와 속도의 불확정성 관계는 양자론의 가장 본질적인 모습이기 때문에, 그 관계를 부정하면서 양자론을 언급한다는 것은 불가능하다. 그래서 코펜하겐 해석에 대한 보옴의 반론이 좀더 발전된 이론이라고는 생각할 수 없다.

통계적 해석 방법을 거부하는 또 하나의 비슷한 반론이 보프(Bopp)와 페니즈(Fenyés)에 의해 주장되었다. 보프는 입자의 생성과 소멸을 양자론의 근본적인 과정이라 보았으며, 이 입자는 고전적 용어의 의미로서 또는 유물론적 존재론의 의미에 있어서 “실재”한다고 본다. 그리고 양자론의 법칙을 입자의 생성, 소멸하는 사건에 대한 상관적 통계학이라고 생각하였다. 양자론의 수학적 법칙에 대해서 다양하고 흥미로운 관심을 포함하는 이같은 해석은 코펜하겐 해석과 똑같은 결론을 유도할 수 있게 된다. 실증주의적 측면에서 보면 이 해석은 보옴의 해석과 같다. 그러나 이 해석은 양자론의 또 다른 특징적인 모습인 파동과 입자의 이중성 관계에 대하여 반성의 자세를 나타낸다. 1928년에 이르러, 요르단(Jordan)과 클라인(Klein), 그리고 비그너(Wigner)는 파동과 입자의 이중성을 나타내는 수학적 도식이 입자 운동의 양자화로서 해석될 뿐만 아니라, 3차원 물질과의 양자화로서도 해석될 수 있다는 사실을 보여주었다. 그렇기 때문에 이러한 물질파가 입자보다도 덜 실재적이라고 할 만한 이유가 없다. 그에 대응하는 상관적 통계학을 통해서 물질파를 해석할 경우에 한해서만, 파동과 입자의 이중성이 보프의 해석을 통해 정당화될 수 있다.

그리고 이것은 입자, 혹은 파동이 “실제적”인 실재인가 아닌가의 문제를 남겨두고 있다.

유물론적 존재론의 의미에 있어서 입자가 실재한다는 가정은 항상 불확정성 원리와는 “근본적으로” 다른 각도의 입장을 유도한다. 예를 들어서 쾨니츠는 그러한 동시적 측정 방법이 실제로 어떻게 수행 되어야만 하는가의 문제는 언급하지 않는다. 결국 그의 발상도 추상적 수학의 영역에서 벗어나지 못하고 있는 듯하다.

코펜하겐 해석에 대한 또 하나의 반론을 제시한 바이젤(Weizel)도 보옴이나 쾨니츠의 반론과 비슷한 형태를 취하고 있다. 바이젤은 보옴의 “숨겨진 매개자”의 개념을 관찰될 수 없는 “제론”(zeron)이라는 새로운 종류의 입자와 연관시키었다. 그러므로 실재 입자와 제론 사이의 상호 연관성을 통해서 에너지가 제론장(zeron field)의 자유도로 확산되어, 열역학 전반이 무질서 체계로 되는 위험을 안고 있다. 그런데도 바이젤은 이 난제에 대한 해결방법을 설명하지 못했다.

그러면 특수상대성 이론을 다시 검토해 보자. 에테르와 절대 공간, 절대 시간을 인정하지 않고 있는 아인슈타인에 대해 반박을 시도한 사람들은 다 같이 특수상대성 이론으로는 결코 밝혀질 수 없는 절대시간과 절대공간의 존재를 어느 정도 인정하고 있다. 시간과 공간의 참모습은 일반적인 실험을 통해서는 직접적으로 나타나지 않는다. 그러나 자연의 법칙이 올바르게 해석되어 “외형적” 시간은 단지 지구가 타고 있는 좌표계 상에서의 시간임을 안다면, 절대공간의 가설을 부정할 만한 논증은 없을 것이다. 우리가 살고 있는 전체 은하계의 중력 중심이 절대 공간에서의 정지점에 위치할 것이라는 가정은 충분히 수긍될 수 있는 사실이기도 하다. 특수상대성 이론에 대한 비판을 통해서 우리는 절대 공간에 관한 명확한 정의를 내릴 수 있다는 희망을 갖기도

한다. 앞서 논의한 “숨겨진 매개자”의 개념을 통해서 그 희망은 한층 더 촉진될 수도 있다.

그러나 실제적으로는 “숨겨진 매개자”의 개념이 아직은 특수상대성 이론과 근본적으로 다른 주장이 아니기 때문에, 그 개념은 아직 확실한 논쟁의 대상이 아니다. 그러나 그 개념에 대한 해석은 상대성 이론에서 사용되는 언어와는 다른 점을 보인다. 다시 말해서 그들의 해석에서는 로렌츠 변환식과 같은 것을 부적절한 것으로 생각하고 있다.

양자론에 대한 유비관계는 명확하다. 양자론 해석에 있어서 “숨겨진 매개자”라는 개념은 관찰될 수 없는 가공적 실체(fictitious entity)일 뿐이다.

그런데 브로친체프와 알렉산드로프의 업적은 그 이전에 논의되었던 문제 방식과는 전혀 다르다. 이들은 코펜하겐 해석에 대한 반론을 그 철학적 측면에서 찾으려고 했다. 일단 그들은 코펜하겐 학파의 물리적 해석을 그대로 받아들이고 있다.

그런데 그 외형적인 논증 방식은 매우 날카로운 편이다. 브로친체프는 다음과 같이 쓰고 있다. “현대물리학에서 혁신적이면서도 관념적인 경향을 갖는 것 가운데, 코펜하겐 학파의 반동력이 가장 세다. 코펜하겐 학파에서 나온 최근의 논문은 양자 물리의 기본 문제에 관한 관념적이고 불가지론적인 사유를 적나라하게 드러내고 있다.” 코펜하겐 해석의 논지는, 과학자의 임무가 대상을 객관화시켜서 보는 과학성에서 벗어나 오히려 자신의 신념을 고백하는 일종의 주관적 신조에 속하는 일일 하고 있음을 보여주고 있다.

여기서 유물론적 존재론을 되살리기 위한 방안으로서, 관찰자가 객관적 대상과 관계된다는 양자론의 방법론을 반박하는 방안을 들 수 있다. 알렉산드로프는 다음과 같이 쓰고 있다. “우리는 전자의 상호 인력에 의한 효과를 엄정한 ‘측정 결과치’로서 이해해야만 한

다. 주관의 개입은 절대로 인정될 수 없다. 따라서 객관적 조건에 의한 객관적 효과치를 다루어야 한다. 물리량은 그 현상에 대한 객관적 성질을 나타내는 것이지 결코 관찰에 의존된 결과가 될 수 없다.” 따라서 알렉산드로프에 의하면, 배위공간 속에서의 파동함수는 전자의 객관적 상태를 특징지워주고 있는 것이라고 한다.

알렉산드로프는 양자론의 형식체계가 고전 물리학의 형식체계에서 나타나는 것과 똑같은 정도의 객관성으로 받아들일 수 없다는 사실을 묵과해 버렸다. 예를 들어서, 한 체계와 그 체계를 측정하는 장치 사이의 상호작용이 전적으로 고전이론에 의해서 다루어진다면, 다시 말해서 한 체계와 그 체계를 측정하는 장치가 이 세계의 나머지 부분들과 완전히 격리되어 외부 세계의 영향을 조금도 받지 않는다면, 양자론의 형식체계는 그 타당성을 인정받을 수 없게 된다. 알렉산드로프가 말하는 “객관적 효과치”의 의미를 되살리고자 한다면 그 체계는 외부 세계와 격리된 닫힌 체계이어야 하고, 또한 양자역학도 닫힌 체계로 간주하면 그 체계의 객관성이 가능해진다. 그러나 실제로 양자론은 닫힌 체계일 수 없으며, 양자론의 수학적 형식체계는 닫힌 체계에 대한 내용이 아니다. 더불어 관찰자의 주관성이 개입될 수 밖에 없다는 코펜하겐 해석은 그 반대를 더욱 강조한다. 물론 관찰자의 개입이라는 의미가 자연에 대한 서술방식에 있어서 어떤 종류의 주관적 요소가 개입된다는 것으로 오해되어서는 결코 안된다. 관찰자는 단지 “가능태”(possible)에서 “현실태”(actual)로 어떻게 변하는가를 결정하는 작용자(function)에 지나지 않는다. 이 때 관찰자가 관찰 장치이든 사람이든 상관하지 않는다. “가능태”에서 “현실태”로 변환되는 과정을 개현화(registration)라고 하는데, 이것은 양자론 해석에 있어서 절대적으로 필요한 중요

개념이다. 이 점에 있어서 양자론을 열역학과 관련시켜 볼 수 있다. 그들은 본질상 비가역적 과정에 대한 형식체계이기 때문이다. 양자론의 형식체계가 시공상의 실제적인 물리현상과 정합적으로 연관될 수 있다는 것도 바로 이같은 비가역적 과정을 통해서만 나타난다. 다시 말해서 어떤 체계의 비가역성은 그 체계에 대한 관찰자의 지식이 불완전하기 때문에 생긴 결과이지 결코 체계가 “객관적”이지 못하기 때문은 아니다.[10]

V. 양자론의 인과성과 실재성 문제

1. 동역학의 이론구조

1) 동역학의 구조와 분류

동역학이란 어떤 성격의 학문이며, 여기에는 어떠한 내용의 이론들이 포함되는가에 대한 논의하기 위해, 동역학에 대한 잠정적인 정의를 다음과 같이 취해볼 수 있다.

(1) 시간 공간 내에 존재하는 어떤 의미로운 대상에 대하여 그것의 물리적 ‘특성’을 표상하고 그것의 ‘상태’를 서술할 어떤 일반적인 방식들을 규정한 후

(2) 이것의 임의의 한 시각에서의 상태 즉 ‘초기상태’와, 다른 임의의 한 시각에서의 상태 즉 ‘말기상태’를 합리적으로 관련지을 법칙을 세움으로써

(3) 기존의 정보를 통해 규정된 한 초기 상태로부터 원하는 임의의 다른 시점에서의 상태를 산출하여 대상에 관계되는 물리적 현상들을 예측 또는 설명하려는 하나의 기본적인 이론 체계라고 규정해 볼 수 있다. 이러한 성격을 만족하는 가장 단순하면서도 전형적인 이론이 고전역학이다.

(1)항에 해당하는 부분은 고전역학의 경우 오직 암묵적으로만 전제되어 있을 뿐 의식적인 논의의 대상이 되지 않았으나 상대성이론

이나 양자이론에 의한 동역학의 혁명적 변혁 과정은 이 항의 내용의 변환에 연유한 것이라 해석할 수 있다. 이 내용을 체계적으로 검토하기 위해서는 다시 세 가지 요소로 그 내용을 구분하여 고찰함이 편리하다. 첫째로, 시간 공간의 수학적 구조를 어떻게 설정하는가 하는 점을 살펴 보고, 둘째로 선정된 대상을 어떠한 모형에 따라 표상하는가를 살펴며, 셋째로 이것의 '상태가 어떻게 규정되며 어떻게 해석되는가를 살펴 필요가 있다. 여기서는 이들을 각각 '서술공간'(시공간의 구조), '서술모형'(대상의 표상모형), '서술양식'(상태규정 및 그 해석 방식)으로 부르기로 한다.

2) 동역학의 의미기반

(1) 서술공간: 상대론과 비상대론

모든 동역학 이론은 이것이 취하는 서술공간에 따라 상대론적 이론과 비상대론적 이론으로 구분된다. 상대론적 이론에서는 서술공간으로서 상대론적 시공개념을 택하고 있으며, 비상대론적 이론에서는 비상대론적 시공개념을 택한다.

사실상 고전 역학의 경우 거의 무비판적으로 비상대론적 시공개념을 채용하여 이론을 전개해 왔으며, 이러한 이론의 전개 또는 적용 과정에서 실제로 그 어떤 모순이나 문제점에 부딪치지도 않았다. 그러나 비상대론적 시공개념을 바탕으로 전자기학 이론을 전개하는 경우, 한 좌표계를 기준으로 설정된 물리법칙들이 이 좌표계에 대해서 상대적으로 움직이는 다른 좌표계에서는 동일한 형태로 성립되지 않음이 알려지게 되었다. 만일 좌표계들의 상대적인 운동 여하에 따라 물리법칙의 형태가 달라져야 한다면 물리법칙 자체의 보편성에도 커다란 손상을 주는 것이므로 아인슈타인은 "서로 등속도로 움직이는 모든 좌표계에서 물리법칙은 동일한 형태로 성립되어야 한다"는 이른바 '특수상대성 원리'를 전자기

법칙들에 대해서도 성립시킬 시공개념을 모색한 결과 특수 상대론적 시공개념을 찾아내기에 이른 것이다.

한편 이러한 특수상대론적 시공개념을 채용하여 중력을 포함하는 고전역학 이론을 전개할 경우 새로운 문제점에 부딪친다. 즉 중력 자체가 특수상대론적 시공개념으로 자연스럽게 표현되지 않았으며 이러한 난점을 극복하기 위하여 아인슈타인은 다시 시공개념을 더 확대하여 비유클리드적 4차원 시공개념인 일반 상대론적 시공개념을 얻기에 이르렀다.

(2) 서술모형: 입자와 파동

동역학의 서술모형은 주로 계의 동역학적 '특성'을 어떠한 모형에 따라 서술하는가에 대한 데에 관련된 것이다. 서술 모형으로서는 대상 실체를 입자들의 집합으로 보는 입자모형과 대상 실체가 파동에 의해 더 잘 표상된다고 보는 파동모형이 있다.

여기서 입자모형을 취한다고 함은 대상 실체를 유한개의 입자로 구성된 계로 보아 이들의 위치를 나타낼 변수들을 시간의 함수로 설정한 후, 계의 동역학적 특성함수를 이들 및 이들의 시간적 변화율(속도)의 함수로 나타내게 되는 것이다. 이에 반하여 파동을 기본적인 실체로 간주하는 파동모형에서는 지정된 대상 실체가 유한종의 파동함수들로 대표된다고 보아, 이들을 위치 및 시간의 함수들로 나타내고 이들 파동함수들을 기본 변수로 삼아 계의 동역학적 특성함수를 설정한다. 이 경우 계의 동역학적 특성함수는 이른바 '라그랑지안 밀도'라는 형태로 나타내는 것이 보통이며 이는 파동함수들과 이들의 시간적 변화율을 매개함수로 취하는 범함수 꼴이 된다. 파동모형을 채용하는 경우, 일단 이러한 라그랑지안 밀도가 파동들의 자체 특성과 파동들 사이의 상호작용을 나타내는 형식으로 표현되면 '작

용'이라는 물리량이 라그랑지안 밀도의 공간 및 시간 적분 형태로 표시되며, 다시 이 작용을 최소화 시키는 '최소작용의 원리'를 도입하여 이 파동함수들이 만족할 방정식들을 얻을 수 있게 된다. 이렇게 얻어진 방정식들이 곧 동역학 방정식에 해당하며 다시 적절한 경계 조건과 초기조건을 활용하여 이들의 해를 얻어낼 수 있다. 이렇게 얻어진 해 즉 파동함수들을 적절한 방식에 따라 해석함으로써 대상 실체에 관련된 현상들을 설명 또는 예측하게 되는 것이다.

이러한 점들로 미루어 보아 일반적으로 어떠한 서술 모형을 택하느냐 하는 것은 대상 실체의 본성이 무엇이나 하는 것과 직접적인 관련이 없으며, 오직 어떠한 서술 모형을 택할 때에 대상 실체가 동역학적으로 더 간편하고 일관성 있게 서술되느냐 하는 것에만 의존된다고 말할 수 있다. 현재까지 알려진 바로는 기본 입자의 경우 파동모형(양자장 이론)을 선택함이 이들의 동역학적 서술을 위해 더 적절한 것으로 여겨지며, 거시적 대상의 경우 일차적으로는 입자모형을 택하는 것이 더 간편하다고 할 수 있다.

(3) 서술양식: 고전역학과 양자역학

동역학의 '서술양식'은 주로 계의 동역학적 '상태'를 어떻게 규정하고 어떻게 해석하는가 하는 데에 관련된 사항이다. 따라서 계의 서술 양식에 따라서 구분되는 고전역학과 양자역학 사이에는 계의 동역학적 특성을 표현하는 방식에는 아무런 차이가 없으며 오직 계의 '상태'를 어떻게 설정하고 이를 관측 가능한 양들과 어떻게 연관시키는가 하는 데에 결정적인 차이가 나타난다.

고전역학의 경우 유한개의 입자로 구성된 계의 상태는 이들 구성입자 각각의 위치와 속도(또는 운동량)의 값으로 규정된다. 그리고 이 대상에 관계된 모든 관측 가능한 물리량들

은 이 상태량의 함수로 일의적으로 표현된다고 본다. 그러나 양자역학의 서술양식에서는 대상의 상태를 위치와 속도의 값으로 보는 대신 흔히 위치(또는 운동량)의 함수 형태로 표현되는 이른바 '상태함수'라는 그 어떤 수학적 실체인 것으로 규정한다. 그리고 대상에 관계된 관측 가능한 물리량들은 모두 어떤 수학적 '연산자'(operator)들로 나타낼 수 있다고 보고, 이러한 물리량을 관측했을 때 얻어질 결과들은 계의 상태함수와 연산자의 관계로부터 지정된 방식에 의해 산출될 수 있는 것으로 규정한다.(11)

2. 물리학의 인식론적 구조

앞절에서 보았듯이 동역학 이론은 본질적으로 하나의 경험 가능한 사실(초기상태)과 또 하나의 경험 가능한 사실(말기상태)을 함의적으로 관련지음으로써 현상 세계에 대한 예측 또는 설명을 가능케 하는 이론 체계이다. 그러나 이러한 기능이 현실적으로 가능하게 하기 위해서는 이것이 적용될 세계에 대한 최소한의 존재론적 구조가 전제되지 않으면 안된다. 즉 이 이론을 적용하여 현상 세계에 대한 예측 또는 설명을 수행할 '인식 주체'(epistemological subject)의 존재가 필요하며 또한 인식 주체가 경험할 '현실세계'와 함께, 이론을 활용하여 경험된 내용을 서술할 '서술세계'(descriptive world)의 존재가 요구되는 것이다. 총체적인 관점에서 볼 때 이들은 물론 모두 하나의 세계 즉 현실세계 안에 존재하는 것이지만 동역학 이론이 기능하는 인식론적인 차원에서 볼 때 이들은 모두 분명히 구분되는 별개의 존재론적 지위를 점유한다.

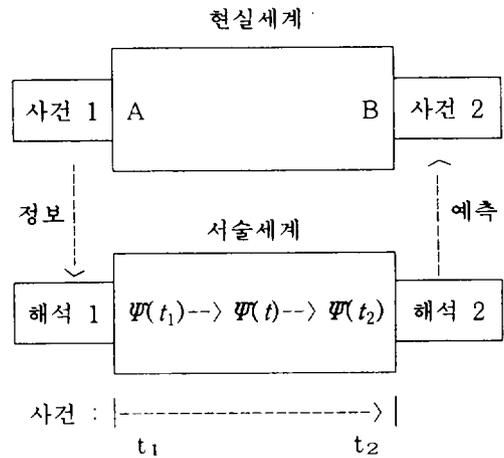
동역학이 인식론적으로 의미있는 이론이 되기 위해서는 인식 주체의 존재가 전제되어야 하며 그의 역할이 규정되어야 한다. 누군가가

인식주체가 되어 초기의 어떤 '사건'을 경험하여 이를 '초기 상태'로 번역해 내고, 여기에 동역학 법칙을 써서 '말기 상태'를 도출한 후, 이를 다시 경험 가능한 '사건'으로 해석해 내게 되는 것이다. 물론 이러한 인식 주체를 위해서 어떤 특정인 을 설정하는 것은 아니다. 누구나 응분의 지능을 지니고 있기만 하면 이 기능을 한치의 차질도 없이 수행할 수 있으리라는 것이 암묵적으로 전제되어 있다. 심지어 사람뿐 아니라 인공지능이라 하더라도, 이것이 필요한 작업 기능을 구비하고 필요한 내용의 지식만 저장하고 있으면 인식 주체로서의 역할을 수행하기에 아무런 부족이 없다. 동역학의 이론 구조 속에는 인간이 반드시 인식 주체로서 기능해야 할 아무런 이유도 들어있지 않다. 다시 말해서 동역학의 인식론적 구조는 인식주체의 존재를 분명히 요구하고 있으나 이 인식 주체가 누구냐에 따라 결과가 달라질 그 어떤 주관적 요소도 포함되어 있지 않다.

동역학의 인식론적 구조는 또한 경험의 직접 대상이 되는 '현실세계'와 이론적 서술의 내용이 되는 '서술세계'의 존재를 암묵적으로 전제하고 있다. 즉 인식 주체는 경험의 대상이 되는 세계와 자신에 의해 표상이 되는 세계의 두 세계 사이에 걸쳐 있는 존재로서, 현실 세계에서의 '사건'을 경험하여 서술세계에서의 '상태'로 전환한 후 서술세계 안에 입력되어 있는 법칙을 활용하여 서술세계 내에서의 상태 변화를 추적한 후, 최종적인 '상태'를 다시 현실세계에서의 사건으로 해석해 내는 기능을 하게 된다. 어떠한 인식 주체가 기능하기 위해서 이러한 두 개의 세계가 존재해야 하는 것은 인식 자체의 본질에 관계된 필연적 사실이다.

이러한 상황을 도식으로 표시해보면 <그림 1>과 같다. 현실 세계에 대상 물체 A가 있으며 초기 시각 t_1 에 이에 관련된 사건 1 이

발생했다고 하자(구체적으로는 어떤 측정장치를 통해 A에 관한 특정 물리량이 인식 주체에 의해 관측됨을 의미한다). 이러한 사건의 정보가 특정된 해석 과정을 거쳐 인식 주체의 서술세계 속에서는 상태 $\Psi(t_1)$ 이라는 형태로 표상된다. 한편 이 서술세계 속에는 계의 특성함수와 함께 동역학 방정식이 처음부터 입력되어 있어서 동역학적 연산에 의하여 임의의 시각 t 에서의 상태 $\Psi(t)$ 를 거쳐 원하는 시각 t_2 에서의 상태 $\Psi(t_2)$ 가 도출된다. 그리고 이를 역시 지정된 방식에 의해 해석함으로써 사건 2에 대한 예측이 가능해진다.



<그림. 1> 시각 t_1 에서 물체 A에 사건 1이 발생 했다고 할 때, 시각 t_2 에 같은 물체 A에 사건 2가 발생할 것인가에 대한 예측 구도.

만일 인식 주체가 사건 2를 직접 '경험'한다면 이러한 예측에 대한 검증이 가능하게 된다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 인식 주체는 시각 t_1 과 t_2 에 이루어지는 '경험'과 '경험' 사이의 시간 $t_1 - t_2$ 동안에는 현실세계에서의 대상 A의 상태에 관하여 자신이 지닌

상태함수 $\Psi(t)$ 이외에 더 직접적인 아무런 정보도 지니지 않고 있다. 즉 이 동안에 A에 관한 현실세계는 이 인식 주체에게는 전혀 들여다 보이지 않는 '암흑상자'나 다름없다.

동역학의 이러한 인식론적 구조는 물론 모든 동역학 이론에 공통되는 것으로, 활용할 동역학을 어떠한 형태의 것으로 삼느냐에 따라 전혀 다르지 않다. 특히 우리의 일상적 인식행위도 기본적으로는 무의식적으로 이러한 구조에 따라 이루어지는 것임을 주목할 필요가 있다. 감각 기관을 통한 사물 인식이 바로 경험 및 상태 설정 과정에 해당하며 이를 기반으로 하여 상황을 예상하는 것이 동역학적 연산에 해당하는 작업이다. 따라서 일상적 인식 행위를 해 나가는 사람이면 누구나 여기에 해당하는 일상적 서술세계를 지니고 있다.

그런데 이러한 일상적 인식구조 위에 다시 동역학적 서술세계를 첨부할 경우 이러한 서술세계가 그려주는 내용은 객관적 실재와 어떠한 관계를 가지게 되는가? 이 점에 관하여 양자역학 이전의 동역학 특히 고전역학에서는 하등의 의문도 제기하지 않았다. 즉 그 해답은 자명한 것으로, 이러한 서술 내용은 현실세계의 모습을 있는 그대로 그려주는 것일 뿐 아니라 한층 정밀하고 객관적으로 그려주는 것이라고 보았으며, 따라서 서술 내용이 기술적으로 불완전할 수는 있으나 원리적으로는 객관적 실재 그 자체와 달라야 할 아무런 이유도 지니지 않는 것으로 보았다.

그러나 이러한 관점은 양자역학의 대두와 함께 커다란 어려움에 부딪치게 되었다. 즉 양자역학에서 취하는 서술세계의 '상태'들은 현실세계에서의 '사실'들과 일치시킬 수 있는 것이 아니라 오직 이들의 발생 확률만을 지정해 주는 것이어서 서술세계의 내용을 현실세계에서 발생하는 그 어떤 실재의 내용과 직접 일치시키기 어려운 면이 나타난다. 그런데 양자역학의 이러한 성격에 대해 구체적으로 논

의하기 위해서는 인과성의 문제를 함께 고려하지 않을 수 없다.〔12〕

3. 물리학에서의 인과성 문제

1) 인과성의 의미

인과성이란 개념을 원인과 작용의 규칙에 대해서 사용한 것은 역사적으로 볼 때 비교적 최근의 일이다. 오래 전의 철학에서 *causa* (원인)라는 단어는 지금보다 훨씬 일반적인 의미를 가지고 있었다. 예를 들면 스킨라 철학에서는 아리스토텔레스를 따라서 '원인'의 네 가지 형태에 대해서 이야기했다. 거기서는 오늘날 사물의 구조나 정신적 내용으로 표현될 수 있는 물질을 뜻하는 *causa formalis*, 그것으로 사물이 구성되어 있는 물질을 뜻하는 *causa materialis*, 그것을 위해서 사물이 만들어진 목적인 *causa finalis*, 마지막으로 *causa efficiens*를 들었다. *causa efficiens* 만이 우리가 원인이란 말로 의미하는 것에 해당될 것이다.

*causa*란 개념이 오늘날의 원인이란 개념으로 변화하는 일은, 인간에 의해서 파악된 실재 전체의 변화와의 그리고 근세 초 자연과학의 발생과의 내적 연관성 속에서 몇 세기에 걸쳐서 완수되었다. 물질적 과정이 현실성을 얻는 것과 같은 정도로 *causa*라는 단어도 저 물질적 사건-설명되어야 할 사건에 앞서서 일어났고 그것에 어떤 식으로든 작용했던-과 연관되었다. 따라서 근본적으로는 여러 부분에서 단지 뉴턴 이후의 자연과학의 발달로부터 철학적 결론을 끌어냈던 칸트에서도 인과성이란 단어는 우리가 19세기부터 익히 들어온 다음 말과 같이 표현된다. "무슨 사건이 일어난다는 것을 들으면, 우리는 그때 언제나 무엇-이것으로부터 하나의 규칙에 따라 그 사건이 결과하는-이 선행한다는 것을 전제한다." 이와 같이 인과성에 관한 정리는 점차 축소되어서

결국은, 자연에서 일어나는 사건이 분명하게 결정되고 따라서 자연 또는 그것의 특정 부분에 대한 정확한 지식이 적어도 원리상으로는 미래를 미리 결정하는 데 충분하다고 하는 기대와 동일시되게 되었다. 뉴턴 물리학도 특정 시간의 한 체계의 상태로부터 그 체계의 미래의 운동을 미리 계산할 수 있는 성질을 가진 것이었다. 인과성을 그렇게 좁게 해석하면 우리는 '결정론'에 대해서 이야기 하는 셈이 된다. 이것은 한 체계의 미래 상태를 현재로부터 명백하게 확정하는 자연법칙이 있다는 것을 의미한다.[13]

그런데, 봉계는 <인과성과 현대과학>에서 '인과성'이라는 개념·속에는 ① 인과적 연결을 나타내는 범주인 인과관계(causation) ② 인과관계의 일반적 법칙의 원리, 다시 말해서 '동일한 원인은 항상 동일한 결과를 산출한다'는 형식으로 된 인과관계의 법칙에 대한 진술인 인과율(causal principle), ③ 인과율의 보편타당성을 주장하는 인과적 결정론(causal determination), 즉 인과론(causalism)이라는 세 가지 의미가 뒤섞여 있기 때문에 각각을 구분할 것을 제안하고 있다. 다시 말해서 인과성이라는 개념 속에는 인과적 연결을 나타내는 '범주'인 인과관계, 인과관계의 일반적 법칙을 나타내는 '원리'인 인과율, 인과율의 보편타당성을 주장하는 '견해'인 인과론이 함축되어 있다. 인과성이라는 개념과 관련시켜 볼 때, 우리는 인과관계라는 범주를 인정하면서도 인과율이라는 원리를 부정할 수 있고, 인과율은 인정하면서도 그것의 보편타당성을 주장하는 견해인 인과론(인과적 결정론)을 부정할 수 있다.[14]

2) 물리학에서의 인과성 문제

일반적으로 인과관계란 경험되는 사건들을 '원인'이라는 요인과 '결과'라는 요인으로 구

분하여 이해하려 할 때, 이들 사이에 존재하는 어떤 연관성을 나타내는 말이다. 이러한 인과관계는 우리의 현실생활 속에서 커다란 실용적 의미를 지니고 있다. 가령 별로 바람직하지 않은 어떤 사건이 발생하였을 경우, 우리는 흔히 그 원인이라고 생각되는 요인을 찾아 이를 제거하려는 노력을 하게되며 이러한 노력은 많은 실효를 거두게 된다. 그리고 이러한 노력이 실효를 거둔다는 것 자체가 이미 인과적 관계 속에 사물이 존재함을 말해주는 것이다.

이러한 사고를 한층 발전시키면 곧 "모든 사건은 반드시 어떤 원인에 의해 유발된다"고 하는 하나의 대전제 즉 '인과율'을 설정하게 되며, 이는 다시 원인과 결과 사이의 필연적 관계를 규명해 보려는 더욱 일반적인 노력으로 연결된다. 즉 우리는 자연의 법칙을 인과율의 틀 속에서 발견하려 노력함과 동시에, 인과의 관계를 자연의 법칙에 의하여 뒷받침하려는 노력을 하게 되며, 이로 인하여 과학이론과 인과개념은 불가분의 관계를 지니게 된다.

그러나 과학 이론이 발전함에 따라 인식론적 구조가 드러나게 되었으며 이 구조 속에서는 현실세계와 서술세계가 명확한 구분을 가지게 되므로, 과학 이론과 인과개념의 관계도 이러한 구조 속에서 더 엄격히 규정하지 않을 수 없다. 즉 "인과관계는 현실세계에서 성립하는 것인가, 서술세계에서 성립하는 것인가, 그리고 이 두 세계의 연결 과정과 관련하여서는 어떠한 주장을 할 수 있는가?" 하는 의문을 떠올리게 된다.

이를 단순히 고전역학의 입장에서만 본다면, 서술세계는 현실세계를 단순히 있는 그대로 반영하는 것에 불과하므로 인과관계가 어느 한 세계에서 성립한다는 것은 곧 다른 세계에서 성립함을 의미하며, 또한 이들 사이의 연결과정도 이 두 세계의 일치성을 확인하는

과정에 불과한 것으로 인정되므로 아무런 문제성을 지니지 않는다. 그러나 양자역학적으로 대표되는 더 일반적인 인식론적 구조에서는 이 두 세계가 서로 일치한다는 아무런 보장도 없으므로 위에 제시한 의문들이 의미 있는 물음으로 등장하게 된다.

이제 이러한 물음에 대한 해답을 양자역학 이론이 말해주는 바에 따라 고찰해 보기로 하자. 동역학의 인식론적 성격에 의하면 시각 t_1 과 t_2 에서 경험한 두 개의 사건 사이의 관계는 현실세계 안에서는 더 이상 추구할 수 없으며 이들을 서술세계의 상태 $\Psi(t_1)$ 과 $\Psi(t_2)$ 로 전환시켜 이들 사이의 관계만을 추구할 수 있으므로, 우리는 서술세계 속에서의 인과관계만을 먼저 묻고 그 결과의 해석을 통하여 다시 현실 세계 속에서의 인과관계 성립 여부를 살펴나가야 하겠다.

먼저 서술세계의 인과관계 즉 서술세계 내에서 정의되는 두 상태 간의 인과관계를 살펴보면 이들 사이에 엄격한 인과성이 규정될 수 있음을 알 수 있다. 즉,

(1) 상태 $\Psi(t_1)$ 과 $\Psi(t_2)$ 가 인과관계로 연결되는 상태인지 아닌지 하는 것은 이론에 의해 명확히 정해질 수 있다.

(2) 만일 이들이 인과관계로 연결되는 상태들이라면 모든 다른 조건이 동일할 때 결과 $\Psi(t_2)$ 는 원인 $\Psi(t_1)$ 에 의해 일의적으로 결정된다($t_1 < t_2$).

이를 좀 더 구체적으로 말하면 인과관계를 지닌 두 상태 사이의 관계는 일의적인 해를 주는 동역학 방정식에 의해서 연결되는 것이며 이 점에서는 모든 형태의 동역학에 아무런 차이가 없다.

이제 만일 두 상태 사이의 인과관계가 성립한다면 이들에 대응되는 두 개의 사건 사이에도 인과관계가 성립하는가? 여기에 대한 해답은 우리가 고전 역학을 택하는가 양자역학을 택하는가에 따라 약간 달라진다.

먼저 고전역학을 택하는 경우에는 '상태'가 '사건'을 일의적으로 대표하는 것이므로 사건 사이에도 상태사이의 인과관계와 완전히 동일한 인과관계가 성립한다. 한편, 양자역학을 택하는 경우에 '상태'와 사건 사이에는 일반적으로 오직 확률적 관련성만이 존재하므로 이러한 '사건'들 사이의 인과관계도 확률적으로 밖에 인정할 수 없다. 따라서 만일 인과율을 전통적 관념에 따라 원인과 결과 사이의 결정론적 관계로 이해한다면 이러한 인과율은 상태와 상태사이에는 성립되거나 사건과 사건 사이에는 성립되지 않는다. 그러나 인과율의 관념을 다소 일반화하여 확률적 관계까지 포함하도록 한다면 사건과 사건 사이의 관계에도 인과율이 성립한다는 주장을 여전히 할 수 있다.

다음에 '사건'과 '상태' 사이의 인과성에 대해서는 어떠한 주장을 할 수 있는가? 여기서 '사건'과 '상태' 사이의 인과성이라 함은 대상에 대해 어떠한 관측을 수행하는 행위 즉 '사건'이 그 대상을 서술하는 '상태'에 인과적으로 영향을 주는가 하는 문제이다. 이를 논의하기 위하여 우리는 먼저 이른바 '아인슈타인 인과율'이라는 것에 대하여 잠시 살펴볼 필요가 있다. 물리학에서 고찰하는 '사건'들은 많은 경우에 발생 시각을 지정할 수 있을 뿐 아니라 발생 위치도 지정할 수 있다. 이러한 경우 한 사건이 다른 사건의 원인이 될 필요 조건으로서 "원인이 시간적으로 선행해야 한다"는 주장을 할 수 있으며, 상대성 이론에 의하면 상대적으로 등속도 운동을 하는 모든 관측계에서 공인할 수 있는 시간의 객관적 선후는 오직 '시간성'(time like)의 간격을 지닌 두 사건 사이에만 적용될 수 있다. 여기서 '시간성' 간격이라 함은 광속 혹은 이보다 낮은 속력의 전달 수단에 의하여 영향을 주고 받을 수 있는 시공간 상의 분리를 의미하며, 그렇지 못한 경우를 '공간성'(space like)

간격이라 한다. 따라서 관측 좌표계에 의존하지 않는 어떤 객관적 실재 내에 인과관계가 성립한다면, 그리고 상대론적 시공간 구조에 관한 주장이 합당한 것이라면, 우리는 필연적으로 “두 사건 사이의 인과관계는 오직 ‘시간성’ 간격을 지닌 경우에 한하여 허용될 수 있다”고 하는 이른바 ‘아인슈타인 인과율’을 받아 들이지 않을 수 없다. 이것은 곧 “원인이 원인으로 인정받기 위해서는 이것이 결과보다 선행한다는 사실이 객관적으로 인정될 수 있어야 한다”는 주장에 해당하는 내용이다. 그러므로 많은 물리학자들은 이를 인과율 성립을 위한 절대적 조건으로 인정하고 있다.

그런데 이러한 ‘아인슈타인 인과율’과 관련하여 매우 주목할 만한 점은 ‘사건’과 ‘상태’의 인과관계를 고찰할 경우 사건이 상태에 미치는 영향이 이러한 ‘아인슈타인 인과율’을 위배하면서 전달될 수 있다는 사실이다. 이러한 가능성을 구체적으로 제시할 수 있는 이론이 바로 양자역학이며, 이러한 점에서 양자역학은 이것이 서술하는 내용의 실재성에 관련하여 많은 논란의 대상이 되고 있다.[15]

4. 양자역학의 상태에 관한 존재론적 해석 문제

물리 이론과 물리적 실재와의 관계는 20세기 초 양자 이론이 처음으로 등장했을 때부터 많은 관심과 논란의 대상이 되어왔다. 초기에는 물질을 구성하는 기본적인 실체가 입자적 성격을 가지는가, 파동적 성격을 가지는가 하는 것이 커다란 문제로 대두되었으며, 특히 이것이 입자와 파동 양쪽의 성질을 함께 지닌다고 하는 이른바 ‘입자-파동성’이 커다란 수수께끼로 등장하였다. 이는 동역학의 서술모형을 설정하면서 우리가 기본적으로 입자 모형을 선택하게 되면 그 양자역학적 상태로 파동적 성격을 지닌 것을 얻으며, 반대로 기본

적 모형으로 파동 모형(장 field 모형)을 취하게 되면 그 양자역학적 상태 속에 입자적 성질이 나타난다는 사실과 관련된 것으로서, 기본적으로 대상에 대한 모형 설정 및 상태 해석의 문제와 밀접히 관련된다. 따라서 양자 이론이 체계적으로 형성되기 전에 크게 성행하던 이러한 논의는 양자역학의 수학적 구조가 분명히 밝혀진 이후에는 주로 대상의 상태에 관한 존재론적 해석의 문제로 귀착되었다. 즉 이러한 양자역학적 상태가 과연 대상 실체에 관한 어떤 객관적 실재를 반영하는 것인가 아닌가 하는 것이 논의의 핵심을 이루게 된다.

잘 알려진 바와 같이 양자역학적 상태를 나타내는 상태함수는 대상에 대해 측정 가능한 물리량을 측정하려 할 경우 가능한 측정치들이 얻어질 확률을 말해주는 것이므로 대상 실체에 대한 어떤 한 국면을 보여주는 것임은 틀림없다. 그러나 이것이 대상 실체에 관련된 실재성을 어떠한 방식으로 얼마만큼 나타내고 있는 것인가 하는 문제는 존재론적 해석을 바탕에 깔지 않고는 논의될 수 없다. 이 점에 관하여 우리는 대략 다음의 세 가지 가능한 해석 방식을 생각해 볼 수 있다.

그 첫째는 대상의 물리적 행위를 완벽하게 (모든 경우에 확률이 1이 되도록) 서술 또는 예측할 수 있는 ‘객관적 상태’에 대한 부분적 정보만을 지닌 것으로 해석하는 입장이다. 이 경우 양자역학적 상태함수가 미처 담고 있지 못한 정보를 담당할 한 무리의 변수가 더 있을 것으로 보아 이를 ‘숨은 변수’(hidden variable)라 부르기도 한다. 이 관점에 의하면 대상 자체는 그것의 행위를 완벽하게 서술할 어떤 형태의 상태를 지니고 있으나 이론의 불완전성 또는 인간의 본질적 한계성 등 그 어떤 이유 때문에 적어도 현 단계의 학문적 상황에서는 이를 찾아내지 못하고 있다는 것이다.

두번째로 가능한 해석으로서는 양자역학적 상태 그 자체가 곧 객관적 실재로서의 대상의 상태를 나타낸다고 하는 관점이 있을 수 있다. 양자역학적 상태 자체가 대상의 행위에 대한 완벽한 예측을 가능하게 해주지는 않지만 이러한 사실은 양자역학적 상태가 대상을 불완전하게 서술해서가 아니라 객관적 실재의 성격 자체가 이러한 본성을 지닌 것이기 때문일 수도 있다는 것이다. 이는 물론 논란의 여지가 많은 관점이지만 현실적으로는 많은 물리학자들이 의식적 또는 무의식적으로 많이 취하고 있는 관점이기도 하다.

그리고 세번째로 생각할 수 있는 관점은 객관적 실재에 대한 가장 조심스런 해석으로서, 양자역학적 상태는 객관적 실재와 아무런 직접적 관련이 없으며 오직 이것을 통해 해석되는 '사건'들과 그것이 일어날 확률적 예측만으로 객관적 실재와의 연관을 맺을 수 있다는 입장이다. 이 입장에 따르면 '사건'과 '사건' 사이, 즉 우리가 상태 함수만으로 대상을 서술하는 기간에는 객관적 실재에 대해 아무것도 말할 수 없으며, 오직 어떠한 관측을 수행하면 어떠한 결과가 관측되리라는 것만을 말할 수 있다는 것이다. 즉 상태함수 자체는 대상의 행위 예측을 위하여 인식 주체가 고안해낸 하나의 편의적인 장치일뿐, 객관적 실재와의 관계에 대해서는 이것이 '사건' 발생에 관계되는 해석 이상의 것을 취할 수 없다는 입장이다.

그렇다면 서로 다른 이 세 가지 관점 가운데 어느 것을 택하는 것이 가장 합당한 것인가? 이는 물론 물리학 자체의 문제가 아닌 존재론적 해석의 문제이므로 실험적 확인에 의해서 그 진위가 결정될 성격의 것은 아니다. 그러나 특정된 실험적 상황에 대하여 상이한 이들 각각의 입장을 취해 봄으로써 서로 다른 결과 해석의 문제에 부딪치게 되며, 이들 상이한 해석 가운데 어느 것을 취하는 것이 가

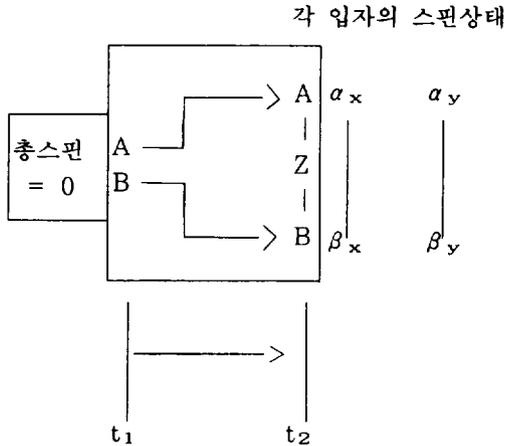
장 일관되고 자연스러울 것인가 하는 데에는 논의의 여지가 있다.

이러한 목적을 위해 택할 수 있는 실험적 상황으로서는 오래 전에 아인슈타인·포돌스키·로젠이 제기한 이른바 'EPR 역설'(Einstein-Podolsky-Rosen Paradox)를 생각함이 이상적이다.

영(zero)의 스핀을 가진 입자 체계가 있다고 생각하자. 즉 이 체계의 입자들은 서로의 스핀을 상쇄한다. 다음, 이 두 입자들의 스핀에 영향을 끼치지 않고 어떤 방법(전기적)으로 떼어 놓을 수 있다고 상상하자. 한 입자는 한 방향으로 나아가고 나머지 입자는 반대 방향으로 진행한다. 스핀의 방향은 자기장으로 결정할 수 있는데, 만약 단 한 개의 전자만이 자기장(스테른-겔라크 기기機器)를 통과하면 그것은 좌우 어느쪽의 스핀을 가지고 나올 것이다. 다음에, 두 입자 체계를 분리하여, 한 입자를 위나 아래로 스핀을 줄 자기장을 통과시킨다고 가정하자. 이 경우에 입자가 윗 방향의 스핀을 가지고 나온다고 생각하자. 따라서 나머지 전자는 아랫 방향의 스핀을 가지게 됨을 금방 알 수 있다. 즉, 나머지 전자를 따로 관찰할 필요가 없다. 왜냐하면 그 스핀이 자기장을 통과하는 쌍동이 입장의 반대임을 알기 때문이다. 아인슈타인·포돌스키·로젠은 1935년에 이 실험을 생각해 냈다. 사실, 아인슈타인·포돌스키·로젠의 위와 같은 실험은 런던 대학의 물리학자인 보움(D. Bohm)이 생각한 것이다. 아인슈타인·포돌스키·로젠의 효과를 설명하는 실험으로서는 주로 이 형태가 사용된다(원래 논문은 위치와 운동량에 관한 것임). 이에 관련하여 다음 <그림 2.>를 참조할 필요가 있다.

아래의 도식과 같은 상황을 앞에 언급한 세 가지 입장에 따라 각각 해석해 나가면서 그 차이점을 살펴보기로 하자. 첫번째의 입장:

① A에 대한 양자역학적 상태 측정 행위가



(그림. 2) 시각 t_1 에 함께 있던 두 입자 A, B가 서로 반대 방향으로 움직여 시각 t_2 에는 공간성 간격 Z 만큼 서로 떨어져 있다. 시각 t_2 에서 A의 스핀 상태를 측정하여 α_x 를 얻으면 이 시각 이후의 B의 스핀 상태는 β_x 가 되고 또 이 시각에 A의 스핀 상태로 α_y 를 얻으면 이 시각 이후 B의 스핀 상태는 β_y 가 된다.

B의 객관적 상태에 영향을 미치지 않는 경우는 양자역학의 해석과 일치하지 않을 뿐 아니라 최근에 수행된 일련의 실험 사실에도 어긋난다.

② A에 대한 양자역학적 상태 측정 행위가 B의 객관적 상태에 영향을 미친다고 가정하면 이는 분명히 '공간성' 간격을 지닌 대상에 전달되는 것으로 해석되므로 '아인슈타인 인과율'에 위배된다. 이는 어떤 물리적 영향이 '공간성'의 간격을 뛰어 넘을 수 있다는 것으로, 관측 좌표계를 바꾸어 볼 경우 결과가 원인에 선행한다는 이상스런 상황을 낳는다. 그런데 현실적으로는 이러한 '물리적 영향'이 구체적 정보를 지닌 어떤 물리적 신호로는 사

용될 수 없다. 즉 '공간성' 간격을 뛰어넘어 전달되었다고 해석되는 '영향' 자체는 현실 세계에 대해서는 실제로 아무런 영향도 끼치지 못하는 것이다. 따라서 이러한 해석은 아무런 실증적 내용도 지니지 못하면서 관념상으로는 '아인슈타인 인과율'을 위배하여 개념상의 혼란만을 조장한다는 비판을 면하기 어렵다.

다음에는 두번째 입장인 양자역학적 상태 그 자체를 객관적 실재로 인정하는 경우를 생각해 보자. 이 경우에는 더욱 분명히 A에 대한 관측이 순간적으로 B의 상태 즉 B에 대응하는 객관적 실재에 영향을 주는 것으로 해석되어야 하며, 따라서 이 역시 '아인슈타인의 인과율'을 위반한다. 즉 '사건'과 '사건' 사이의 관계와는 달리 '사건'(관측행위)과 '상태' 사이에는 아인슈타인의 인과율이 적용되지 않는다는 입장을 취하지 않을 수 없다. 적어도 상태 함수에 대하여 '아인슈타인의 인과율'을 부정하는 이와 같은 입장을 흔히 '비분리성'(non-separability) 또는 '비국소성'(non-locality)이라는 매우 특이한 성격을 통해 해석하기도 한다. 즉 물리적 세계의 '실재'는 물리적 '상태'라는 존재 양식을 지니며 이는 그 본질에서 '공간적으로 완전히 연결된 일체성'을 띠는 것이어서 이것의 어느 한 부분에 발생한 사건은 순간적(광속도 이상의 빠른 속도)으로 전체에 영향을 미칠 수 있다는 것이다.

마지막으로 세번째 입장 즉 양자역학에서의 '상태'는 단순히 설명 및 예측의 도구일 뿐 이것이 어떤 객관적 실재에 대응하는 것이 아니라는 관점에 대해서 생각해 보자. 이 입장은 한편 지나친 도구주의라는 오해를 불러 일으킬 수도 있겠으나, 이러한 입장을 취한다고 하여 객관적 실재에 대한 모든 주장을 포기해야 하는 것은 아니다. 이 입장에 따르면 '상태' 그 자체의 객관적 실재성은 인정하지 않으

나 상태의 양자역학적 해석에 의해서 연결되는 '사건'의 실재성은 인정될 수 있는 것이며, 이러한 사건 발생의 주체로서의 그 어떤 객관적 실재를 부정해야 할 이유는 없다.〔16〕

5. Bell의 정리

1964년 CERN에 있는 J. S. Bell이라는 물리학자가 양자현상들 사이의 특이한 연관성을 집중적으로 연구했다. 벨 박사는 후에 '벨의 정리'라고 부르게 된 수학적 증명을 발표했다. 벨의 정리는 그 후에 10여년에 걸쳐 수정되어서 현재와 같은 형태에 이르렀는데, 현재의 벨 정리는 적어도 극적이라고 표현할 수 있다. 벨의 정리가 함축하는 의미 중의 하나는 본질적이고 심원한 차원에서는 우주의 '개개의 부분'은 서로 밀접하고 직접적으로 연결되어 있다는 것이다. 요컨대 벨의 정리와 통일성을 체험하는 깨달음은 서로 조화된다.

1935년에 아인슈타인·포돌스키·로젠은 "물리적 실재의 양자역학적 기술이 완전한 것으로 간주될 수 있는가?"라는 제목의 사고 실험을 발표했다. 바로 그때에, 〈양자역학의 코펜하겐 해석〉의 주역들인 보어·하이젠베르크 등은 양자역학이 비록 우리의 관찰 이외에는 다른 세계관을 제시하지 못하나, 완전한 이론이라고 말하고 있었다(아직도 그렇게 말함). 아인슈타인·포돌스키·로젠(약자: EPR)이 그들의 동료들에게 전달하고자 한 메시지는, 관찰 없이도 물리적으로 존재하는 실재의 중요한 부분을 기술하지 못하기 때문에, 양자역학은 완전한 이론이 아니라는 것이다. 이들의 동료들은 이 메시지를 EPR 사고실험의 입자들이 우리가 생각하는 인과율의 개념을 초월하는 어떤 방법으로 서로 연결되어 있다는 식으로 해석했다.

앞 절에서 EPR 효과를 설명하는 실험에서, 만약 A 지역의 입자는 윗 방향의 스핀 대

신 오른쪽 방향의 스핀을 가지면, B 지역의 입자는 A에 있는 입자와 스핀이 항상 반대이므로 왼쪽 방향의 스핀을 가질 것이다. 다음, 입자들의 진행 도중에 스테른-겔라크 기기 축을 돌린다고 가정하자. 어떤 방법인지는 몰라도 B 지역으로 가는 입자는 A 지역의 입자가 윗 방향의 스핀 대신에 오른쪽 방향의 스핀을, 혹은 아랫 방향 대신에 왼쪽 방향 스핀을 가졌다는 것을 알게된다. 다시 말해서, 지역 A에서 우리가 한 행동(자기장의 축을 바꿈)은 지역 B에서 일어난 사건에 영향을 미쳤고 볼 수 있다. 이 특이한 현상이 이른바 EPR 효과이다. 이와 같은 아인슈타인·포돌스키·로젠의 사고실험은 현대물리학에서 '판도라의 상자'와 같은 존재이다. 이것은 서로 떨어져 있는 장소에 있는 설명될 수 없는 입자들의 연관성을 잘 보여주고 있다. B지역에 있는 입자는 순식간에 A에 있는 입자의 스핀 상태를 알았다. 이러한 연관성 때문에 A 지역의 실험자는 B 지역의 상태에 영향을 줄 수 있다.

물리학자들은 즉각 이러한 특이한 상황이 다음과 같은 의문을 유발함을 알았다. "어떻게 두 개의 떨어진 것들이 이렇게 빨리 소통할 수 있을까? 물리의 상식에 의하면 정보는 신호에 의해서 전달된다. 전달자 없이 전달은 이루어지지 않는다.

물리학은 광속도 이상을 초과할 수 없다는 가정을 토대로 한다. 빛 신호로써 둘을 연결할 시간이 불충분하다면, 두 사건은 '공간적'으로 분리되어 있다고 말하며 이러한 분리를 공간적(space-like)이라 부른다. 이러한 사건들 사이의 전달은 물리학의 주요한 기본적 가정에 위배된다. EPR 사고 실험은 이것을 보여 준다. 입자들이 공간적으로 분리되어 있어도, B지역의 입자의 상태는 A 지역의 관찰자가 무엇을 관찰하느냐에 좌우된다(자기장의 방향을 정하는 방법에 따라). 다시 말해서,

EPR 효과는 기존의 사고 방식과는 달리 정보가 빛보다 빠른 속도로 전달될 수 있음을 지적한다. EPR실험에서 두 입자가 서로 신호로 연결되어 있다면 그 신호는 광속보다 빠르다. 아인슈타인·포돌스키·로젠은 아마도 최초의 초광속도적 연관성에 대한 과학적 예를 제시했는지도 모른다. 아인슈타인 자신은 이런 결론을 거부했다. 그가 말하기는, 우리의 관측기기가 놓여 있는 곳이 다른 곳에서 일어나는 사건에 영향을 미칠 수 없다고 말한다. EPR논문 발표 11년 후에 그는 자서전에서 다음과 같이 썼다.

“우리는... 다음의 가정은 절대 고수해야 한다. 즉 체계 S_2 (B지역의 입자)의 실제상태는 이것과 공간적으로 떨어진 곳에 있는 S_1 (A의 입자)의 상태에 관계없이 독립적이다.”

이것이 바로 국소발생원인의 원리(The principle of local causes)이다. 이 원리는 한 장소에서 일어나는 사건은 공간적으로 멀리 떨어져 있는 장소의 실험자가 조정하는 변수들의 영향을 받지 않는다고 말한다. 현상의 기본성질이 국소적이므로 양자 이론은 모순된다고 아인슈타인은 주장했다. 양자 이론에 의하면 지역 A의 측정기의 변화는 B지역의 입자를 묘사하는 파동함수에 변화를 가져오나, 아인슈타인에 의하면, “ S_1 계에 무관한 S_2 계의 실제 상태”를 변화시킬 수 없다는 것이다.

그런데 벨의 사용한 상호관계는 실험적으로 입증되지는 않았지만, 양자론의 계산된 예견들이었다. 1964년에 이 실험들은 그당시까지 가설의 구조로서만 되어 있었으나, 1972년 클라우저 (J. Clauser) 와 프리드만(S. Freedmann)은 로렌스 버클리 실험실에서 이 예견을 확신하고 실증하기 위한 실험을 실

제적으로 수행하였다. 그들은 벨의 이론이 근거하고 있는 이 통계적인 예견이 옳았다는 것을 밝혀 냈다. 벨의 이론은 이 세계가 보여지는 것과는 아주 다른 세계라는 것을 제시하였을 뿐만 아니라, 벨의 이론은 그러한 것을 요구하고 있었다. 비록 클라우저 프리드만 실험이, 벨의 이론에 근거하고 있는 것에 대한 양자역학의 통계적 예견이 옳았다는 것을 확신시켜 주고는 있지만, 이러한 강한 상호관계가 초광속적 전달의 결과라는 것을 보여주지는 못하고 있다.

상대론에 의하면, ‘전달’은 하나의 신호가 한 곳에서 다른 곳으로 가고 있으며, 신호는 한 곳에서 다른 곳으로 광속도 이상으로 빨리 갈 수 없기 때문에 ‘광속 이상의 빛의 전달’은 생각할 수 없는 일이다. 간단히 말해서, EPR의 통과실험과 실제적으로 수행된 클라우저 프리드만 실험에서의 입자들은 서로 연결되어 있는 것 같으나, 물리학의 법칙에 의하면, 그것들은 연결되지 못한다. 왜냐하면 그들이 연결될 수 있는 유일한 길은 신호를 통해서만 가능하기 때문이다.

1975년에 물리학자인 잭 사파티(Jack Safatti)는, 그 누구도 생각하지 못했던 아주 명백한 제안을 내놓았다. 사파티는 만일 무엇이 존재한다면(클라우저 프리드만 실험 결과인), 물리학의 법칙들은 부정확한 것이거나 부적당한 것임에 틀림없다는 제안을 하였다. 이 현상은 EPR의 통과 실험과 클라우저 프리드만 실험에서의 입자들이 공간적으로 분리되어 있고, 또한 연결되어 있으나 이것들은 신호에 의해서 연결되어 있지는 않다고 한다. 그들은 공간이나 시간을 초월하는 길로서 가깝게, 그리고 즉각적으로 연결되어 있다. 사파티는 이 이론을 신호없는 무질서도(negentropy, 情報)의 초광속적 전달이라고 불렀다(무질서도는 질서에 대한 또 다른 용어이다).

사파티의 이론에 따르면, 각각의 양자 뒸은

무질서도의 초광속적 전달이다. 거기에는 에너지의 전달이 없다. A 지역과 B 지역 사이에는 움직이는 것이 아무것도 없다. 그럼에도 불구하고, A 지역과 B 지역 양쪽 다 에너지의 질적인 '순간적인' 변화(응집구조)가 있다.

그리고 또한 스텝도 혼자서 같은 결론에 이르렀다. 그의 논문 "초광속적 연결은 필요한가?"에서, 그는 다음과 같이 그것이 잘 되어야 할 것이라고 결론지었다.

"... 이 논문에 대한 정리는 초광속적 정보의 전달이 필요하다는 것을 보여줌으로써 ... 보어의 철학적인 지위는 그밖의 가능성을 물리치는 데에 이르게 하는 것처럼 보이고 있으며, 초광속적 정보의 전이가 필요하다는 결론에 이르게 하는 것처럼 보인다."

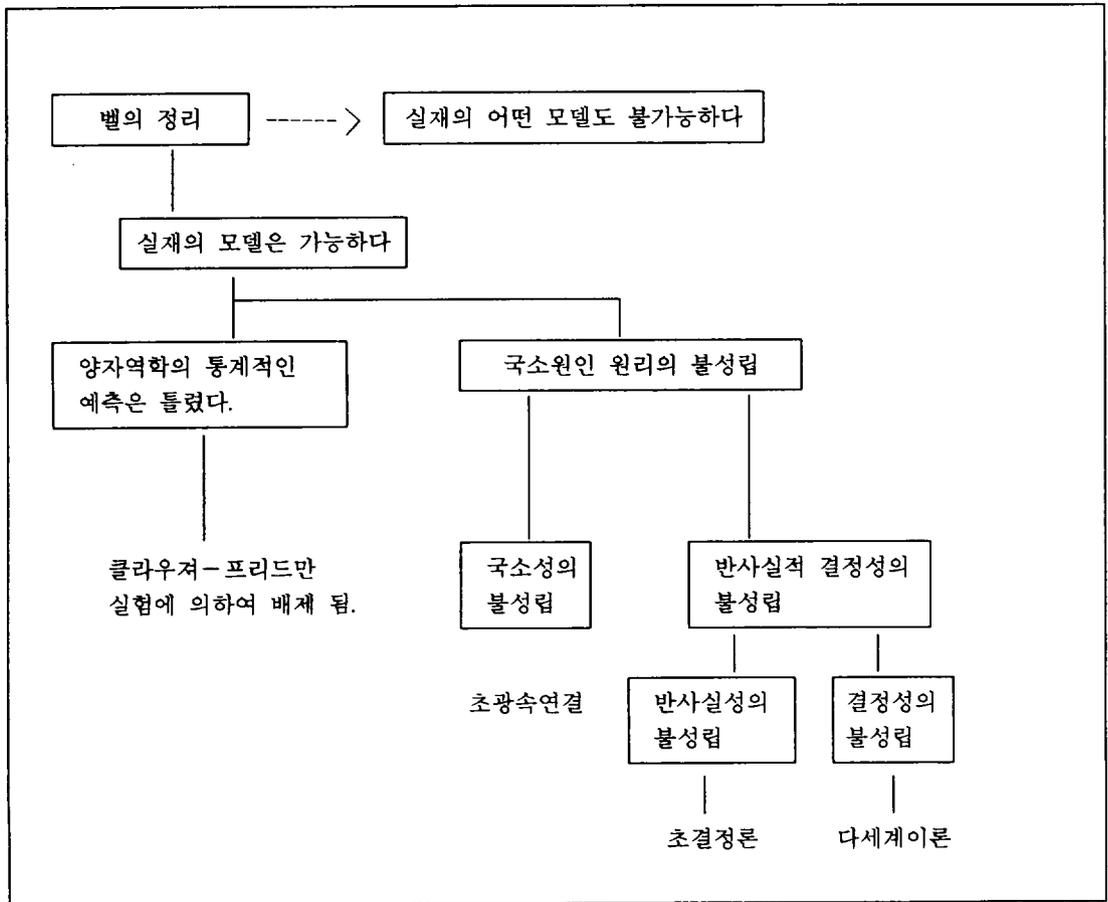
그런데 신호에 의해 연결될 수 없는 두 사건 사이의 초광속적 전달의 개념('공간적 space-like의 정의')은 1905년에 아인슈타인의 특수상대성 이론이 물리학에 받아들여진 것 만큼이나 현재의 물리학의 이론으로부터 급진적으로 탈피한 개념이다. 그럼에도 불구하고, 그것은 논리적으로 기존의 물리학의 사고와 일치하고 있다. 사실상 그것은 플랑크의 작용양자로부터 나올 수도 있으며, 그것은 양자 이론의 기초 요소가 되고 있다. 바로 그 플랑크의 작용양자의 불가분성은 서로 다른 상태에서의 양자 락은 불연속적이어야 한다는 결론을 이끌고 있다. 준비하고 있는 지역과 측정하고 있는 지역 사이의 고립에서 전파하는 관측되는 구조에 대한 측량을 할 때에, 관측되는 구조를 나타내주는 파동함수상의 하나의 가능성이 실현되게 되면, 파동함수 상의 다른 가능성은 사라지게 된다. 관측되는 구조라면 반드시 이런 상태로 관측이 되어야 하거나 또는 저런 상태로 관측이 되어야 한다. 다

시 말하면 어떠한 관측 가능한 변화에 있어서도 어떤 양자 구조는 연속적인 일련의 중간 상태가 통과하지 않게 된다. 한 상태는 일반적으로 공간적으로 확장된 정보의 형태이기 때문에 이것은 불연속적인 상태의 변화는 파동함수를 정의하는 정보의 형태의 초광속적 변화를 내포하고 있다는 사실을 따르게 한다. 말을 바꾸면, 만일 전파하는 유일한 길이 광속이나 그것보다 느린 속도로 제한이 되는 신호의 전파에 의한다면 정지된 상태 사이의 전달은 불연속적이 될 수 없다. 신호를 전파하는데 있어서의 서로 다른 활동 무대에 상응하는 일련의 연속적인 중간 상태가 반드시 있어야만 할 것이다. 따라서, 플랑크의 작용양자의 불가분성은 논리적 일치성과 함께 신호없는 메시지의 사고 관념에 이르게 한다. [17]

그런데 EPR 역설이 제기된지 50년의 세월이 지나서 마침내 많은 물리학자들을 납득시킬만한 자세한 실험 결과가 발표되었다. 그것은 프랑스 파리 대학 오르세이 응용이론 광학연구소의 아랑 아스페의 실험이다. 1982년 아스페는 원자로부터 튀어나온 한 쌍의 광자를 초고속 스위치를 이용하여 다른 각도의 편광 렌즈로 양분하는데 성공하였다. 광자가 공중으로 날아갈 때 스위치를 돌려 광자 사이에 연락을 취하지 못하게 만들었다. 그 후 아스페의 실험보다 더욱 엄밀한 실험이 등장한다. 영국 북부에 있는 스텔링 대학의 덩컨과 클라인포펜은, 순간적인 영향이 있는지를 확인하는 실험에서 문제가 되었으나 아스페의 실험에서는 성공하지 못한 2개의 광자를 동시에 발생시키는 것을 성공시켰다. 그런데 이 두 실험에서 양자역학의 예측이 정확하게 맞아떨어짐을 증명했다. 즉, 한 쌍의 광자 사이에는 이상한 상관관계가 존재한다는 결론을 내려 EPR-역설은 역설이 아니고 현실에 존재한다는 것을 밝혔다. [18]

이 절에서 논의한 것을 아래의 그림으로 정리해 볼 수 있다. 즉, 벨의 정리는 양자 이론의 통계적 예견이나 국소발생원인 원리가 거짓이라는 실험적으로 판명하여 주는 것을 보

실했을 때에 깜짝 놀랄만한 결론은 불가피했다. 국소발생원인 원리는 거짓이어야만 했다. 그러나 만일 국소발생원인원리가 실패해서, 이 세계는 그것이 나타나야할 그런 길로



〈그림. 3〉 이 그림은 라우셔(E. Rauscher)의 지도 후원 아래, 로렌스-버클리 연구실의 기초물리실의 비공식 토론의 내용에서 뽑은 벨의 정리가 논리적으로 함축하고 있는 내용을 보인 것이라고 주커브는 밝히고 있다.〔17〕

여줄 수 있다. 그것은 그 중의 어느 하나가 거짓이라는 것뿐 아니라, 둘 다 사실이 될 수 없다는 것을 말해주고 있다. 클라우저와 프리드만이 양자 이론의 통계적 예견을 옳다고 확

나타나지 않았다면, 이 세상의 진정한 원래 모습은 무엇인가? 몇 가지 상호 배타적인 가능성이 있다. 첫번째 가능성은 우리가 바로 논의했던 것처럼, 나타나 보이는 것과는 반대

로, 우리의 세계에는 '분리된 부분'과 같은 그런 것은 실제 존재하지 않는다는 것이다. 분리된 부분이 서로 상호작용할 때에 그것(그들의 파동함수)은 서로 상호 연관을 가지게 된다(통상적인 신호의 교환을 통해서-힘-) 그런 상호연관되고 분리된 부분에 대해 이 지역에서 실험자가 수행하는 것은 공간적으로 떨어진 먼 곳에서 어떤 실험의 결과에 본래적인 영향을 주게 된다. 이런 가능성은 관례적으로 물리학이 설명할 수 있는 것보다 다른 형식을 가진 초광속적 전달을 일으킨다. 그밖에 국소 발생원인 원리의 실패를 설명할 수 있는 길이 있다.

6. 물리학과 객관적 실재

현실세계를 포함한 서술의 방식에는 서로 다른 두 가지가 있음을 알 수 있다. 그중 하나는 '직접 서술'이라 부를 수 있는 것으로 서술 내용 자체가 현실 세계의 존재 양상을 있는 그대로 서술해 주는 것으로 서술 내용 자체가 현실 세계의 존재 양상을 일단 있는 그대로 서술해 주는 것으로 전제하는 방식이며, 다른 하나는 '간접서술'이라 부를 수 있는 것으로서 서술의 내용이 현실 세계의 그 무엇을 있는 그대로 그려주는 것이 아니라 그 자체로서 독자적인 존재 양태를 지니는 것이며, 오직 이것에 대한 지정된 해석 방식에 의해서만 현실세계와 연결을 갖는 방식이다.

이러한 구분을 채택하면 일상적 경험세계에 대한 일상적 서술 양식과 동역학에서의 서술 양식의 일부는 '직접 서술'의 방식에 의한 것이며, 동역학에서의 '상태' 서술의 방식은 원칙적으로 '간접서술'의 방식에 의한 것이라 할 수 있다. 그러나 동역학에서의 상태서술이나 양자역학 이전의 '상태' 해석에서는 무의식적으로 '직접서술'의 형태인 것으로 해석해 왔으며 이로 인하여 동역학 자체가 현실 세계

를 직접서술하는 이론인 것으로 이해되어 왔다.

우리는 먼저 '객관적 실재'라는 말이 함축하는 의미를 좀 더 명백히 규정할 필요가 있다. 우리는 일상적 경험 세계와 관련된 어떤 객관적 세계가 현실적으로 존재하리라는 사실을 인정할 수 있다. 그리고 이러한 현실 세계에 나타나는 '사건'과 '사건' 사이에 '아인슈타인의 인과율'이 성립한다는 사실도 인정할 수 있다. 그렇다면 이러한 객관적 세계가 지닌 구체적인 내용은 무엇인가? 여기에 대하여 우리는 일단 이러한 '사건'들 자체와 이러한 '사건'을 일으킨다고 보는 그 어떤 발생주체들을 상정해 볼 수 있다. 그러나 '사건'과 '사건을 일으키는 발생주체'가 무엇인가 하는 문제는 그리 간단하지 않으며, 이를 논의하기 위하여 우리는 다시 동역학에서 이에 해당하는 내용이 무엇인가를 생각해 볼 필요가 있다. 동역학의 입장에서 볼 때 '사건'들이란 관측 장치에 의해 실제 관측되는 물리적 내용을 말하는 것이며 이러한 사건을 일으키는 발생주체라 함은 동역학에서 관심 대상으로 지정하는 '대상계'(system)와 이와 상호작용에 의하여 '사건'이 기록된다고 보는 '관측장치'라고 말할 수 있다. 그러므로 동역학의 경우로 입장을 좁혀 생각한다면 현실 세계를 형성하는 내용으로서 관심의 대상으로 지정된 '대상계'와 '관측장치', 그리고 이들의 상호작용에 의해서 나타난 '사건 기록'이라고 할 수 있다. 이 경우 '관측 장치'와 '사건 기록'은 그 의미가 비교적 명백하므로 여기서는 동역학의 서술 대상이 되는 '대상계'에 대하여 좀 더 자세히 고찰해 보자.

'동역학'에서는 '대상계'를 지정함과 동시에 이것의 동역학적 '특성함수'를 설정하게 된다. 여기서 동역학적 특성함수란 계를 구성하는 대상 실체들의 자체특성(예컨대 입자의 질량 등)과 이들간의 상호작용을 나타내는 내

용들을 일정한 함수형태(예컨대 라그랑지안)로 표현한 것을 의미하며, 동역학에서는 이것이 곧 '대상계'가 지닌 모든 물리적 특성(대상의 '상태' 제외)을 대표하는 것으로 보고 있다. 일반적으로 대상계의 이러한 특성은 대상에 대한 상태 측정 여부에 무관하게 주어진 것으로 보고 있으며, 따라서 적어도 형식상으로 이것은 서술하려는 '객관적 세계'에 속하는 것으로 인정하는 관점을 취한다. 이와 함께 동역학에서는 이러한 대상계의 상태들이 만족해야 할 기본 원리로서 '최소작용 원리' 혹은 이에 대등한 원리를 설정하며 이것 또한 대상에 대한 상태 측정 여부에 무관하게 보편적으로 성립하는 것으로 본다. 이러한 경우가 원리가 자연계를 구성하는 '객관적 세계'에 속하는 것으로 보는 관점 또한 매우 자연스럽다. 물론 이때 이러한 '원리' 또는 '특성함수'가 자연계에 있는 그대로의 모습을 포착한 것이라는 주장을 하는 것은 아니며, 오직 이러한 '원리' 또는 '특성함수'는 그 역할에서 객관적 세계를 대표하는 특성을 지닌다고 보는 것이다. 설혹 이러한 것들이 실재에 대한 매우 조잡한 모형 이상의 것이 되기는 어려울 것이라 하더라도, 동역학에서 요구되는 이러한 '원리'와 '특성함수'의 서술은 '상태' 서술의 경우와는 달리 '직접서술'의 경우에 해당하며, 따라서 그 성격에서 객관적 실재를 직접 반영하는 내용들이라 할 수 있다.

이러한 점들을 고려할 때 동역학 이론이 최소한 동역학 이론으로 기능하기 위해서도 '간접 서술'인 '상태 서술' 이외에 객관적 실재를 반영하는 '직접 서술'의 내용을 함께 포함하여야 하며, 이러한 '직접 서술'의 내용들은 동역학 이외의 더 포괄적인 과학적 지식 그리고 여타의 일상적 지식 등 '직접 서술' 방식에 의한 다른 일반 지식들과 연속적인 관련성을 지니게 된다. 그리고 '직접 서술' 방식을 채택하는 이러한 모든 지식들은 그 자체가 불완

전하나마 객관적 실재를 어느 정도 반영한다고 인정할 수 있다.[19]

7. 라플라스적 서술과 실재성의 문제

어떤 물리량이 실재성을 지닌다는 것, 즉 이것이 여타 물리량들에 대해서 독립적이면서도 원천적으로는 예측 가능하리라는 것을 어떻게 판정할 수 있는가? 이제 실재성을 지닌 물리량과 그렇지 않은 물리량의 존재를 인정한 이상, 이는 매우 중요하며 절실한 의문이 아닐 수 없다. 그러나 이것은 선형적 사고에 의해서 판정할 문제가 아니라 자연에 대한 합법칙적 서술을 가능케 할 동역학 이론들에 의존하여 판정할 문제이다. 그런데 이와 관련하여 특기할 사실은 자연계의 모든 현상에 대한 완벽한 결정론적 서술이 원리적으로 확신할 수 있었던 시기가 실제로 있었다는 점이다. 뉴턴의 고전 역학이 그 참 모습을 드러내고 이것이 자연을 서술할 보편적 이론이라고 믿어졌던 18세기에 이르러 라플라스는 다음과 같은 유명한 선언을 하게 되었다.

"우주의 상태는 이전의 상태로부터 도출된 결과이며 앞으로 닥쳐올 상태에 대한 원인이라고 보아야 한다. 우리가 어떤 초인적인 지능을 가상하여 어떤 주어진 순간에 자연계를 지배하는 모든 힘과 자연계를 구성하는 모든 실체들의 상황을 알 수 있고, 또 이 모든 정보들을 분석할 수 있는 능력이 있다고 한다면, 우주 안의 가장 큰 물체로부터 가장 가벼운 원자에 이르기까지 모든 것의 운동을 한 개의 수식에 의하여 기술할 수 있다. 여기에는 불확실한 아무것도 있을 수 없으며 과거는 물론 미래까지도 한 눈에 보이는 대상이 된다."

물론 이러한 기대는 고전역학이 자연계 전 영

역에 적용되는 보편 이론이 아니라는 사실이 알려지면서 일단 좌절이 되고 말았다. 그러나 고전 역학이 아닌 다른 대체 이론이 등장하여 이러한 방식의 서술을 할 수 있으리라는 가능성마저 부인해야 할 이유는 없다. 초기는 물론 현재까지도 많은 사람들이 양자역학을 만족스럽게 생각하지 않는 이유가 바로 양자역학이 이러한 서술을 가능케 할 이론이 못된다는 데에 있는 것이다. 만일 이러한 이론이 성립한다고 하면 이는 곧 모든 물리량들의 실재성을 인정하는 것이 되며, 반대로 모든 물리량의 실재성을 암암리에 전제하는 기존의 관념 아래에서는 이를 실현시키지 못하는 양자역학 그 자체를 불완전하다고 느끼는 것이 당연하다.

그런데 라플라스적인 결정론적 서술의 경우에는 대상의 '상태'를 관측 가능한 물리량들의 값 그 자체로 취하게 된다. 따라서 초기 상태는 곧 초기 물리량들의 관측치이며 미래 상태는 미래 세계에서 관측 가능한 물리량들의 값이라 해석할 수 있다. 일단 관측에 의해 초기 상태를 알면 신뢰할 만한 법칙에 의해 미래 상태를 산출하여 미래 세계에 대한 예측을 할 수 있다. 이때 만일 예측과 확인 절차가 일치하지 않으면 이는 관측 주체의 측정 오차 혹은 계산 오차에 의한 것으로 해석될 뿐 현실세계 물리량들의 본질적 예측 가능성에 문제가 있는 것으로 보지 않는다.

반면 양자역학과 같은 서술의 경우에는 대상의 '상태'를 관측 가능한 물리량들 그 자체가 아니라 이들을 통해 그 형태를 유추해 낼 수 있는 그 어떤 수학적 표현(양자역학에서는 힐베르트 공간 내의 벡터)으로 본다. 일단 관측에 의해 초기 상태를 유추해 내면 여기에 변화 법칙을 적용함으로써 미래 상태를 산출해 낼 수 있으며, 여기에서 다시 일정한 규칙을 적용하여 미래 세계의 관측 가능한 물리량들을 예측하게 된다. 이때 물리량의 예측이라

함은 오직 그 가능한 값들에 대한 확률 분포의 산출을 의미하는 것이 보통이다. 이러한 양자역학과 같은 서술의 경우 우리는 관측된 물리량들의 값을 대상에 부여하는 것은 무의미할 뿐 아니라 불필요한 일이다. 오직 이로부터 유추된 상태만을 대상에 부여하여 미래 상태 산출에 활용하게 되지만 이것 또한 새로운 예측을 위한 조작적 의미 이상을 부여받은 것이 아니다. 즉, 대상에 부여되는 이러한 상태조차도 실재성을 지닌 그 어떤 것으로서가 아니라 다음 관측이 이루어질 때까지 일시적으로 유효한 일종의 '정보집약물'로서 부여하는 것이다.

그러면서도 양자역학과 같은 서술이 의미 있는 과학 이론이 될 수 있는 것은 이러한 확률적 예측만으로도 대상의 물리적 상황에 대한 매우 유익하고 의미있는 지식을 마련해 줄 수 있기 때문이다. 성공적이고 훌륭한 과학이론이 되기 위해서는 반드시 실재성이 부여된 물리량만을 다루는 라플라스와 같은 결정론적 서술이어야 하는 것이 아니라는 점을 양자역학의 엄청난 성공이 명백히 말해주고 있는 것이다. 사실상 양자역학에서는 관측 가능한 물리량들뿐 아니라 이와 관련된 '상태' 개념에 대해서 실재성을 부여하지 않더라도 성공적인 과학 이론이 되게 하는 데는 지장이 없다.[20]

VI. 음양과 상보성 원리

상보성원리는 보어가 1927년에 양자역학의 해석을 위한 틀로 도입한 개념인 바, 원자 현상의 입자-파동 이중성 및 위치-속도 측정의 불확정성 등을 이해하는 인식론적 바탕을 제시한 것이었다. 이 원리는 물리 현상에만 국한되는 것이 아니라 생명현상과 사회현상 등까지 광범하게 적용될 수 있는 보편적 지혜이며 조직의 원리라고까지 할 수 있다. 상보성

원리는 쉽게 말하자면 원자세계에서는 우리가 일상생활에서 경험하는 두 종류의 상반되는 명제가 동시에 성립한다고 보는 것이다. 서로 모순되는 두 관점을 상호보완적으로 합쳐서 사용할 때 원자현상을 이해할 수 있고, 그 중 어느 하나만으로는 설명할 수 없다는 것이다. 상호 모순이면 둘 중 하나만 참이고 다른 것은 거짓이므로 버려야 하는 것이 일상생활의 논리인데, 이것이 미시세계에서는 맞지 않는다는 것이다.

보어는 1937년 중국을 방문했을 때 음양사상에 감명을 받았으며 이것이 그가 동양 문화에 관심을 갖게 된 계기가 되었다고 한다. 사실 상보성의 개념은 음양사상의 물리학적 적용이라 할 수 있고 뒤집어 말하면 음양사상은 상보성 원리를 일반화하여 모든 자연현상, 나아가 모든 인간 문화 생활의 본질로 보는 것이라 할 수 있다. 서로 모순되고 대립되어 보이는 두 요소가 역동적으로 상호작용하면서 균형과 조화를 이룬다고 보는 전래의 음양사상이 현대물리학에서도 여전히 적용된다는 것은 놀랄만한 점이라고 하겠다.

양자역학의 인식론적 원리가 곧 상보성이라 할 수 있다. 입자-파동, 위치-운동량 등 현상 인식을 위한 개념의 짝이 상호 대립적이면서 서로 보완적으로 둘 다 필요하다는 것이다. 그런데 음양 사상에는 입자-파동, 위치-운동량 같은 물리적 개념이 적용되기에는 약간 부자연스러운 면이 있다. 그보다는 동과 정, 열(熱)과 한(寒), 남과 여, 팽창과 수축, 밝음과 어둠 등 논리적으로 상반되거나 대립되는 요소들의 역동적 조화에 더 관심이 모아졌다고 보겠다. 따라서 사물의 인식과 지식에 관한 한계보다는 사물 존재의 특성을 파악하는 원리라는데 음양사상의 특성이 있다는 점에서 상보성 원리와 음양사상은 약간 차이가 있다.

상보성 원리를 물리계의 관찰이라는 측면에서 수량적으로 표현한 것이 불확정성 원리이

고, 이 후자에 바탕하여 구성된 수학적 방정식 체계를 양자역학이라 할 수 있다. 그리고 이 양자역학을 생명현상에 응용하면 유전인자들의 복제기작이나 돌연변이의 확률들도 계산할 수 있게 된다. 깊이 생각하지 않고 떠오르는대로 적어보면 음양사상의 기호적 구체화가 주역이 되고, 이 주역의 인체에의 적용이 한의학이라 할 수 있을까? 즉 다음과 같이 비교가 성립할 수 있을까?

수식화

상보성원리 -----> 양자역학 -----> 분자생물학

기호화

음양사상 -----> 주역 -----> 한의학

음(--)과 양(+)의 이진법적 기호 내지 숫자로 파악하면 주역은 단순히 $2^6=64$ 개의 기호의 복합에 불과하다. 그럼에도 불구하고 몇천 년을 두고 주역을 연구하고 그것에 빠지는 사람들이 끊임없이 나오는 것은 무슨 연유일까? 이는 무엇인가 깊은 진리가 숨어있기 때문은 아닐까?(21)

VIII. 불교철학에서의 인과성과 실재성 문제

1. 초기불교

1) 인식론

붓다는 '사바수다(Sabba-Sutta)'라고 하는 대단히 짧으나 중요한 설법에서 붓다와 같은 시대의 자누소니란 철학자가 '모든 것'에 대하여 물은 것에 대한 붓다의 즉각적인 답변은 주목할 만하다. '모든 것'은 눈과 형태, 귀와 소리, 코와 향기, 혀와 맛, 몸과 만져질 수 있는 대상, 마음과 심리적 대상이나 개념들을 의미한다는 것이었다. 간단히 말해서 '모든

것'은 여섯 감각과 이에 상응하는 대상으로 이루어져 있음을 말하고 있다. 그런데 감각적으로 주어진 것은 우리의 세계에 대한 지식과 이해의 근본적인 원천이나, 동시에 붓다는 감각 지각이 사람을 잘못 인도하기 쉽다는 것을 강조하였다. 이것은 감각지각 그 자체의 어떤 결점에서 오는 것이 아니라 그 대부분 사람이 그가 보고 듣고 느낀 것 등을 해석하는 데에 조건지어져 있던 방식에서 유래한다. 즉, 좋아함, 싫어함과 같은 주관적 태도는 감각 지각을 방해해서 감각적 느낌을 왜곡시킨다. 명상의 과정과 초감각적 지각의 계발은 한편으로는 이러한 주관적 편견을 제거하고자 한다. 초기 불교에서 인정되었던 초감각적 지각이나 힘과 그 대상은, 신적인 눈(神眼通)과 존재의 생멸, 신적인 귀(神耳通)과 인간의 귀로 못 듣는 소리, 과거의 인식(宿命通)과 자신의 전생, 정신감응(他心通)과 타인의 사고 과정 및 더러운 충동을 없애는 지식(漏盡通)과 더러운 지식의 인과과정 등이다. 이렇게 초감각적 능력은 그것에 상응하는 대상을 가지며 감각적 능력과도 상관지을 수 있다. 초감각적 지각은 상응하는 대상을 가지며, 이 대상들은 보통 감각으로는 지각되지 않으므로, 감각 지각과 초감각 지각의 차이점은 침투력의 정도 차이로 볼 수 있다. 직접적인 인식은 감각적인 인식이거나 초감각적인 인식이거나 모든 현상에 대한 지식을 제공한다. 그리고 붓다는 이 직접적인 지식의 토대 위에서 (1) 인과율(緣起의 法則), (2) 영원하지 못함(無常), (3) 만족스럽지 못함(苦), (4) 실체가 없음(無我)의 보편성에 대하여 귀납적 추론을 하였는데, 이런 추론들은 추론적 지식으로 알려져 왔다.[22]

2) 인과율

붓다는 사물의 본성에 대한 탐구 과정에서 인과과정의 통일성을 발견하게 되었다고 선언

하였다. 붓다가 제자들에게 행한 설법 가운데서 가장 중요한 것 중의 하나는 <인과관계에 관한 설법>인데, 거기에서 그는 (1) 인과율(緣起의 法則) 과 (2) 인과적으로 조건지어진 현상(緣生의 法)에 대해서 말한다. 붓다에 따르면, 이 두 개념은 세상의 모든 것과 개별적 사물들 및 그것들 사이에 존재하는 관계를 설명한다. 붓다 당시와 그 이전의 인도에서의 인과율에 관해서는 세 가지 주된 이론이 있었다: (1) 자기 원인설 (2) 외부 원인설 (3) 자기 원인과 외부 원인 결합설이 그것이다. 첫 번째는 실체론 학파에 의하여 주장되었다. 그것은 "자아(Atman)의 실재성을 받아들이고, 인과관계를 모든 것에 내재하는 이 원리의 활동에 말미암은 것으로 생각하였다. 두 번째 이론은 자연주의자들에 의하여 주장되었는데, 그들은 실체론 학파의 관념론적 형이상학에 반대하여 현상 작용이 그것들의 '내재적 본성'(자성)에 말미암는다고 믿었다. 세 번째 이론은 앞의 두 이론을 종합하려 시도한 것인데, 자이나교도들에 의하여 주장되었다.

불교의 인과율 이론은 자연주의의 '내재적 본성'이라는 이론에 영향받는 것으로 보인다. 그러나 그것은 두 가지 중요한 면에서 자연주의 이론과 다르다. 첫째, 불교의 이론은 자연주의 이론처럼 물질적 인과관계에만 한정되지 않는다. 불교에서 인과 양식은 심리적·도덕적·사회적·정신적 영역에서도 인정된다. 반면에 자연주의에서의 모든 것은 물질적 인과관계에 종속된다. 둘째, '내재적 본성'의 원리가 엄격하게 결정되어 있어서 아무 것도 자연의 진행을 변화시킬 수 없다고 믿는 자연주의자들과는 달리, 불교도는 인과 원리는 다소간 조건부적인 원리라는 것을 받아들인다.

<인과관계에 관한 설법>에서 붓다는 인과관계의 네 가지 특성에 대하여 언급하였다. 그것은 (1) 객관성 (2) 필연성 (3) 불변성 (4) 조건성이다. 이 네 가지 특성은 현상에서 확

득되는 인과관계에서 발견된다고 한다. 첫번째는 인과관계의 객관성을 강조하고 있는데, 붓다에서는 인과관계가 객관적 실재를 갖지 않는 심리적인 날조가 아니라 인과관계가 다른 어떤 것만큼 실재적으로 보고 있다. 둘째와 셋째의 특성인 필연성과 불변성은 예외없음과 규칙성을 강조한다. 어떤 일단의 조건들이 어떤 일정한 결과를 일으키고 완전히 다른 어떤 것을 산출해 내지 않는다는 사실은 인과원칙에서 기본적인 가설 가운데 하나이다. 네번째 특성인 조건성은 그것이 두 극단-엄격한 결정론에 포함되어 있는 무조건적 필연성과, 우연론에 의해서 가정되고 있는 무조건적 자의성-을 피한다는 점에서 가장 중요하다. 따라서 그것은 인과관계와 동의어로 쓰였다.

이러한 인과관계의 특성들의 기반 위에 붓다는 초기 설법에서 다음처럼 일반적인 공식으로 정형화하였다:

- 이것이 있을 때 저것이 있게 되고:
- 이것이 일어남으로부터 저것이 일어난다.
- 이것이 없을 때 저것이 생겨나지 않고:
- 이것이 정지하면 저것도 그친다.

초기 경전의 많은 곳에서 발견되는 이 진술은 붓다가 인과 현상의 여러 경우들을 잘 살펴본 연후에 도달하게 된 인과적 통일성이나 인과율의 개념을 설명하고 있다. 그리고 붓다가 설명하는 인과적 통일성이나 인과율의 개념은 영원하다는 주장(상주론:常住論)과 없어져 버리고 만다는 주장(단멸론:斷滅論)의 두 극단 사이의 황금의 중도로 알려져 왔다. 그리고 그것은 불교의 중심적 교의가 되었다. 그것은 불변하는 부동의 '자아'를 가정하는 실체론자들의 영원하다는 이론과, 연속성을 완전히 부정하는 무실체론자들의 없어져 버리고 만다는 이론에 대한 붓다의 답변이었다.

이 인과율의 개념에서 주목되는 중요한 측

면 가운데 하나는 후대의 인도 철학의 학파에게서 보게 되는 인과율에 대한 합리주의적 이론들에서 일반적으로 발견되는 형이상학적 가설이 없다는 것이다. 원인과 결과의 동일성을 강조하는 상키야 학파와 설일체유부의 형이상학적 이론은 우파니샤드 사상가들이 주장한 자기 원인설과 비슷하다고 할 수 있을 것이고, 원인과 결과의 상이성을 주장하는 바이셰시카 학파와 경량부의 이론은 자연주의 전통에서 받아들여졌던 외부 원인설과 다소간 관계된다고 할 수 있을 것이다. 그러나 붓다는 그가 취한 인식론적 입장으로 해서 이러한 형이상학적 주장들 어떠한 것에도 포함됨이 없이 경험론적 인과율의 이론을 세울 수 있었다.

인과 현상의 개별적인 경우들이 감각적이고 초감각적인 모든 경험에 근거하여 증명되는 한편, 인과법칙의 통일성은 이러한 경험들에 기초를 둔 귀납적 추론을 통해서 도달된다. 인과 현상의 현재 경험에 근거하여 과거와 미래에 관한 귀납적 추론이 이루어진다. 과거에 관한 지식일지라도 귀납적 추론에 기초를 둔다. 과거의 사건은 초감각적 지각에 의하여 기억해 낼 수 있으므로, 과거에 관한 지식도 부분적으로는 경험적이라고 할 수 있을 것이다. 그러나 미래에 관한 지식은 오직 귀납적 일반화에 의해서만 획득될 수 있는 것이다. 이것이 어떤 초감각적 지각도 미래와 관련되지 않는 한 가지 이유일 것이다. 이처럼 경험적 지식은 현재와 부분적 과거의 인과관계 뿐만 아니라 인과적으로 조건지어진 현상에 관한 지식을 다룬다. 추론적 지식은 일차적으로는 미래에 관한 것이고, 부분적으로는 과거에 관한 것이다. 따라서 미래에 대한 예언을 포함하는 인과원칙의 통일성은 귀납적인 일반화이다.

인과법칙의 보편적 적용 가능성은 초기 불교에서 모든 현상을 설명하는데 이 인과 원칙을 사용할 때에 인정되었다. 후대 학자들이

분류한 것처럼 인과율이 지배하는 다섯 영역 또는 분야가 있다. 그것은 (1) 물질적(비유기적) 질서, (2) 물질적(유기적) 질서, (3) 심리적 질서, (4) 도덕적 질서, (5) 이념적인 정신적 질서이다. 이 다섯 그룹은 모든 것을 다 포괄하므로 어느 경험 하나도 배제되지 않는 것으로 보인다. 요약해 말하면, 이우주의 모든 것은 인과율의 체계 안으로 들어온다. 따라서 인과율을 아는 것은 진리를 아는 것으로 보고 있다.[23]

3) 존재의 세특성

붓다의 설법에 따르면, 이 세계에는 인과법칙의 영역에 속하지 않는 것은 하나도 없다. 인과율은 사물들의 생겨남과 없어짐을 설명한다. 따라서 인과율의 직접적 추론의 결과는 세계의 모든 사물들이 (1) 영원하지 못하고(無常), (2) 불만족스럽고(苦), (3) 본질이 없다(無我)는 것이다. 불교의 비영원성 이론은 일반적으로 잘못 이해되어 왔다. 그 이유는 변화 과정을 논리적으로 분석함으로써 아비다르마 계통에 속하는 후대의 불교 학파에 의해서 생성된 '순간 이론'이라고 알려진 후대 이론과 그것이 혼동되었기 때문이었다.

세계가 영원하지 못하다는 사실에서부터 모든 것이 만족스럽지 못하다는 것이 도출된다. 인간의 본성은 영원하거나 불변하는 행복을 갈구한다. 그러나 인간이 그런 행복을 끌어내기를 원하는 사물들은 그 자체가 영원하지 못하다. 영원하지 못하거나 단명한 사물에서부터 나온 행복이나 만족은 일시적인 것이 분명하고, 따라서 인간의 소망 즉 영원한 행복에는 어긋난다. 따라서 그는 괴롭다. 그가 만족을 얻어내고자 하는 사물들은 따라서 궁극적으로 분석하면 불만족스러운 것이다. 붓다는 영원하거나 불변하는 '자아'라는 실재가 없다는 것을 체득했을 뿐만 아니라, 그런 실재에 대한 믿음이 더 이상의 괴로움으로 이끈다는

것을 발견하였다. 아트만과 같은 영원한 실재에 대한 믿음은 때때로 자기 본위와 아집으로 이끈다. 붓다에게는 이것이 집착과 그것에 부수되는 괴로움의 근본 원인이었다. 이것이 '무실체성'이나 '자아가 없음'이라는 세 번째 특성의 선언으로 이끈다. 붓다가 이 불변하는 '자아'에 대한 믿음을 거부했다고는 하지만, 그는 물질주의자처럼 재생과 연속성 및 도덕적 책임과 같은 것들을 부정하는 반대편의 극단을 주장하지는 않았다. 따라서 그는 인간의 개념을 다시 정의하는 작업을 수행하였다. 그에 따르면, 인간이란 개념은 단지 "지각의 덩어리"나 쌓임(온:蘊)의 덩어리일 뿐이고 그것은 따로따로 떨어진 것도 불연속도 아니며 인과율에 의하여 이어지고 연속적이라 할 수 있는 것이라고 보았다. 더욱이 붓다는 느낌(수:受)·지각(상:想)·경향성(행:行)·의식(식:識)으로 대표되는 심리적 과정의 배후에 주체나 정신적 실체를 놓으려고 하지 않았다. 붓다는 이 의식이 그 자체 인과적으로 조건지어져 있다고 주장하였다.

그런데 붓다의 열 가지 단언하지 않은 것(無記)의 문제 가운데 두 가지의 '자아'의 문제에 주목해보자. (1) '자아'(또는 영혼)는 신체와 동일한가? (2) '자아'는 신체와 다른가? 첫 번째 것은 물질주의자들에 의해 주장된 이론과 관계되고, 둘째 것은 우파니샤드의 이론과 연관된다. 그러나 붓다에게서 '자아'는 육체와 동일하든 동일하지 않든 형이상학적 실재였다. 그것이 형이상학적 실재인 이유는 단지 그것이 감각 지각을 통해서거나 초감각적 지각을 통해서거나 간에 확증될 수 없기 때문이다. 간단히 말하면, 그것은 경험에 주어지지 않는다. 따라서 붓다는 이 문제들에 대해서 단언하지 않았다. 그의 이 문제들에 대한 침묵은 초월적 자아라는 실재가 있지만 그것이 논리적 추론의 영역으로 들어오지 않는다는 것을 함축하고 있는 것으로 해석되었다.

붓다는 한편으로 영원한 자아를 부정하였지만, 물질주의자들이 하듯이 또 다른 극단인 연속성을 부정하는 데로 나아가지는 않았다. 반대로 연속성을 설명하기 위하여 인과법칙이 구성되었다. 따라서 무실체성이 인과율과 동의어로 되었다.[24]

2. 후대불교

1) 스킨라주의: 상좌부·설일체유부·경량부

불교에서의 스킨라주의는 붓다의 가르침을 그것의 통일성을 깨는 알력이 없이 영속시키려는 필요에서 일어났다. 이 목적을 위해서 채용된 방법들 중의 하나는 붓다의 기본적 가르침을 수집하고 분류해서 적어도 그것들에 대해서는 어떤 불일치도 없도록 하는 것이었다. 이 기본적 교의들을 선택하고 열거하는 과정에서 붓다가 설명하기 위해 사용했던 통상적인 방법은 변형되었는데, 설법에서 중요한 역할을 하였던 비유·일화·예증과 같은 것들의 사용은 무시되었다. 그리고 설법(경:經)과 학술적 논문(논:論) 사이에 근본적인 차이점도 있었는데, 경은 일반적인 가르침으로, 그리고 논(아비다르마)는 궁극적 실재에 대한 논술로 간주되었다. 그런데 아비다르마는 실재를 정신(명:名)과 물질(색:色)로 분석하였는데, 정신과 물질은 궁극적 실재로 인식되어 왔다. 현상이 정신과 물질이라는 두 상이한 그룹의 실재로 분석되었을 때, 아비다르마 학자들은 그것들 각각에 정의를 내려야 했다. 따라서 마음이나 심적 공동작용은 비물질적인 것으로 정의되었고, 물질은 비정신적인 것으로 정의되었다. 이렇게 두 요소 사이의 날카로운 이분법이 생겨났다. 그런데 이는 완전히 다른 본성을 가진 마음이 어떻게 물질을 지각할 수 있게 되었느냐 하는 문제를 제기하였다. 이러한 문제를 설명하기 위하여 아비다르마 학자들은 물질 분석의 방법을 사용하였는데, 이러한 분석이 설일체유부와 상좌부에 실

체(자성:自性) 이론이 나올 수 있는 길을 마련했고, 심리적 현상을 마음과 심리적 공동작용의 두 형태로 분석한 것은 결국 심리적 현상을 실체론적 관점에서 보게하는 것으로 이끌게 하였다. 이러한 관념들은 상좌부와 설일체유부 두 아비다르마 학파의 공통적인 줄거리를 이루는데, 순간성과 원자론의 이론들은 붓다교사 이후의 상좌부·설일체유부·경량부의 모든 학문적 불교학파에서 발견된다.

(1) 순간 이론

비영원성(무상:無常)을 생겨남·사라짐·존재하는 것의 변화'로 정의했던 초기 불교의 정의 대신, 설일체유부의 학자들은 변화 과정의 논리적 분석 결과 '존재하는 것의 변화'를 머무름과 쇠퇴의 두 순간을 의미하는 것으로 간주하였고, 그래서 비영원성을 생겨나고 머무르고 쇠퇴하고 사라지는 순간들로 변형시켰다. 붓다교사 이후의 상좌부는 생겨남·머무름·사라짐의 세 순간에 대하여 언급하고 있다. 반면에 경량부는 초기 불교의 비영원성 이론에 더욱 충실하려고 해서 생겨남·사라짐의 두 순간만을 받아들이고 머무름의 순간을 거부한다. 이러한 형태들 가운데 하나로 또는 다른 것으로 순간 이론을 받아들인 결과로서 학자들은 여러 가지 철학적 문제에 봉착하게 되었다. 그것에 대한 해결이 근본적인 교의상의 차이를 발생시켰다. 학자들이 봉착할 수밖에 없었던 이 순간 이론에서 나온 문제들 가운데 주된 두 영역은 지각과 인과율이다. 후대의 상좌부 학자들 뿐만 아니라 설일체유부 학자들도 대상의 실재적 존재와 직접적 지각을 정당화 하려고 시도한 반면, 정지된 순간의 개념을 부정한 경량부 학자들은 간접적 지각의 이론을 받아들여야 했다.

(2) 원자 이론

원자 이론을 받아들임으로써 학자들에게는 수많은 논리적 문제가 발생하였는데, 설일체

유부 학자들은 지각 대상이 원자들의 집합이라는 이론을 주장하였다. 그들은 원자들이 개별적으로 존재한다고 믿으며, 원자들이 집합적 형태로 존재할 때 지각 가능하게 된다고 믿었다. 그런데 경량부는 원자들이 대상을 구성하기 위해 합쳐지거나 섞일 수 있는 분할 불가능한 단위들이라고 주장하였다.

(3) 인과율의 해석

설일체유부 학자들은 현상을 순간적 존재들로 분석하였는데, 변화의 이론에 따르면, 변화하는 다르마의 한 측면이 있는 반면에 다른 측면들은 변화하지 않고 남아 있다. 변화하지 않고 남아 있는 것이 다름아닌 사물의 기반이나 실체이다. 모든 것의 실체 존재가 과거·현재·미래의 시간의 세 단계에 걸쳐서 변화하지 않고 남아 있다고 주장하는 교의는 이 학파에게 설일체유부라는 명칭을 부여하게 했다. 실체가 변화하지 않고 있다는 이론은 원인과 결과 사이의 관계를 설명하기 위해 사용되었다. 예를 들면, 망고 씨는 망고 나무를 낳고 다른 나무는 낳지 않는다는 논변을 한다. 망고 나무의 '망고성'은 그 '망고성'이 망고 씨에서 발견되기 때문에 존재한다. '망고성'은 씨와 나무를 연결하는 실체 또는 '고유한 본성'이다. 따라서 동일성은 고유한 본성이라는 근거에서 유지된다. 그리고 이것이 인과의 동일성 이론이라고 알려진 이론인데, 상키야 학파의 인과관계 이론과 거의 동일하다.

경량부는 실체를 거부하면서 동시에 순간 이론을 받아들여지게 되었는데, 그들은 존재가 멈춤이나 틈이 없이 순간에서 순간으로 이어지는 순간들의 연속에 불과하다고 주장하였다. 씨는 생겨났다 사라지면서 씨의 나타남을 만들어 내는 점 같은 순간들의 연속에 불과하다. 그러면 어떻게 씨의 연속이 나무의 연속을 만들어 내는가. 있지 않던 존재가 어떻게 존재하게 되는가 하는 연속들의 시초를 설명

해야 했다. 즉, 실체를 부정함으로써 경량부가 이전에 존재하지 않았던 결과의 생성이나 생기(生起)를 인정하지 않을 수 없었는데, 이것은 바이쉐쉬카 학파에 의해 주장된 인과의 상이성 이론과 같은 것이었다. 경량부에서 인과율의 유일하고 타당한 형태는 따라서 연속이나 즉각적 계속이 될 것이다. 이것은 영국의 철학자 흄에 의해서 주장된 인과율의 이론과 유사하다. 그도 역시 존재를 순간적 인상으로 분석하였다.

그런데 초기 불교도들이 그들의 존재에 대한 경험적 이론 덕분에 원인과 결과 사이의 연관 관계를 성립시키는 데에는 아무런 문제가 없었다. 인도적 맥락에서 경험적이기 보다는 형이상학적인 이론인 순간 이론에 너무 엄격하게 매달림으로써 경량부는 이런 어려움에 처하게 되었다. 마찬가지로 흄도 그의 순간 이론과 언자론의 결과로 단순한 '앞서 있음' 이외의 어떤 형태의 인과율도 부정하지 않을 수 없었다. 불교 사상가인 나가르주나 뿐만 아니라 힌두 사상가인 상카라도 그들 자신의 초월적 이론을 정당화 시키기 위하여 이 약점을 재빠르게 이용하였다.

설일체유부의 인과 동일성 이론이 형이상학적 이론으로 간주될 수 있는 것과 마찬가지로, 경량부의 인과의 상이성 이론도 인과율의 부정에까지 이를 수 있다. 다른 것들 중에서도 형이상학적 이론들은 나가르주나에 의해 통렬하게 비판되었다.[25]

2) 중관 초월론

중관파는 불교의 학파 중에서 가장 널리 연구된 학파 가운데 하나인데, 중관 사상에 대한 가장 정통적이고 널리 환영받는 분석 가운데 하나는 무르티(T. R. V. Murti)의 〈불교의 중심 철학〉이다. 이 책에서 저자는 중관 사상을 서양 철학에서의 칸트의 사상과 비교하였는데, 이 연구는 나가르주나의 〈중론(中

論))에 널리 기초하고 있다.

설일체유부와 경량부의 두 불교학파는 그들이 현상 세계를 설명하기 위해 형이상학적 이론들을 내놓았을 때에 중관파의 등장을 도와 주었다. 나가르주나의 중론은 대부분 이 두 학파의 형이상학적 이론을 논파하는데 충당되고 있다. 중론은 나가르주나의 시대에 있었던 불교 이외의 학파에 의해서 뿐만 아니라 불교 학파에 의해서 세워진 인과율에 대한 네 가지 형이상학적 이론의 각각에 대해서 서술하고 논파하는 것으로부터 시작한다. 네 가지 이론은 (1) 자기 원인이나 자기 생성, (2) 외부 원인이나 외적 요인에 의한 생성, (3) 자기 원인과 외부 원인 모두에 의한, (4) 무원인이다.

나가르주나는 인과율의 네 가지 이론을 열거하고 나서 첫 번째의 것을 고찰한다. 거기에서 그는 "존재의 본성은 다른 인과의 요소들이나 상호관계에서는 발견될 수 없다"고 지적한다. 이것은 물론 설일체유부에 의해 주장된 인과의 동일성 이론에 대한 비판이다. 인과의 동일성 이론인 '자성'(自性) 이론을 비판하고 나서 나가르주나는 계속 비동일성 이론을 논파한다. 그는 '실체' 즉 '자성'이 없으면 '다른 본성'이나 '다른 것임'이 있을 수 없다는 것을 지적한다. 따라서 인과의 비동일성 이론은 '자성' 이론을 받아들이지 않는다면 무의미할 것이다. 단지 자기 본성을 인정할 때에만 '다른 본성'에 대하여 말할 수 있다. 이것은 나가르주나에 관한 한 자기 원인의 거부가 외부 원인을 받아들이는 것과 동일한 것으로 되지 않는다는 것을 보여준다.

나가르주나에 따르면 인과율은 순수한 상대성이다. 그리고 이 상대성은 '공'(空)과 동의어이다. 모든 다르마는 상대적이라서 모든 다르마는 또한 공이다. 상대적이지 않은 다르마는 없다. 따라서 공이지 않은 다르마는 없다. 만일 공이 아닌 다르마가 있다면, 그것은 인과적으로 조건지어질 수 없다. 따라서 공이

아님을 받아들인다면 비상대성을 받아들이는 것이 된다. 그리고 그 결과로 생성과 소멸을 부정해야만 한다. 생성과 소멸을 받아들이지 않는다면 네 가지 성스러운 진리를 받아들일 수 없다. 나가르주나는 네 가지 성스러운 진리에 대하여 말하기를 어렵게 하는 것은 공을 받아들이는 것이 아니라 공을 거부하는 것이라고 주장하는 바, 이것은 재미있는 변증법이다.〔26〕

3) 유식 관념론

칸트의 "비판철학"이 헤겔 관념론에의 길을 마련한 것처럼, 나가르주나의 비판 철학은 비록 그와 같은 관념론이 이전에는 알려지지 않았더라도 바수반두(세친:世親)의 체계화된 형태의 절대적 관념론에 기여했다고 말할 수 있다. 교의적으로는 경량부가 유식 관념론의 선구자로 간주된다. 경량부의 표상적 지각 이론은 논리적으로 관념론으로 이끈다. 경량부는, 대상은 잠시도 지속하지 않으므로 감각 기관과 직접적으로 접촉하지 않는다고 주장하였다. 그들은 대상의 추론 가능성을 지지하였다. 이것이 사실상 외부 대상은 단지 심리적 날조에 불과하다는 관념론적 이론에 대한 훌륭한 지지 증거이다. 중관파도 역시 유식 관념론의 발전에 대단히 큰 공헌을 하였다. 개념들이 어떤 실재도 지칭할 수 없다거나, 그것들의 내용이 비어있다거나, 그것들이 현상의 본성을 드러내지 못한다고 하는 견해로 이끄는 그들의 엄격한 개념 분석은 유식 학자들에 의해서 환영받았다. 한편으로는 외부 대상이 어떤 실재를 갖고 있다는 것도 부정하지만, 마음이나 의식이 실재적이라고 주장하는 점에서 유식학파는 중관파와 다르다.〔27〕

3. 선불교

1) 중관·유식학과와 선불교

불교 사상이 극동의 나라들에 소개되고 점

진적으로 발전되어 나가면서 몇몇 학파가 나타나게 되었는데, 그 각각의 학파는 한 방식이나 다른 방식으로 대승의 한 학파나 두 학파(중관파, 유식파) 모두와 관계 맺은 것으로 보인다. 선은 이 학파들 가운데 극동에서 오늘날까지 살아남은 가장 대중적인 학파 중의 하나이다. 선은 일반적으로 중관·유식 혼합주의의 중국적 적응으로 묘사된다. 서양 특히 미국에서 가장 대중적으로 된 불교 형태는 선인데, 선은 명확한 철학적 기초를 갖고 있다. 선불교가 중국에서 대단히 유행했던 중관파와 유식학파를 대치하였다는 것을 주의하여야 한다. 비록 선이 중관파 유식의 혼합주의의 결과로 발전한 것일런지는 모르지만, 선 불교에는 이 두 학파의 기본적 주의와 수행 가운데 몇몇에 대해 거부를 나타내는 경우가 많다. 선불교가 일어났던 종교적·철학적 분위기 속에서 선불교가 일으킨 혁신에 대해 주의깊게 연구해 보면, 붓다가 살았던 환경 속에서 그 자신이 일으켰던 혁신과 주목할 만한 유사성을 발견하게 된다.

보디다르마(달마: 達摩)가 선불교의 종파를 세웠다고 여겨져 왔다. 선은 디야나 즉 명상을 의미한다. 그리고 달마의 것으로 인정되어 왔지만 사실 선이 높은 단계의 발전과 성숙을 이룩한 훨씬 후대에 형성된 유명한 시구가 선의 본질적 교의들을 말하고 있는 것으로 간주된다. 그것은 다음과 같다.

경전 밖의 특별한 전통으로:
 단어와 문자에 의존하지 않고:
 인간의 마음을 직접 가리켜서:
 자신의 본래 성품을 보고
 불성을 획득한다.
 (敎外別傳 不立文字 直指人心 見性成佛)

여기에서 언급되고 있는 '특별한 전통'은 중관파 유식 모두의 이념에 기초하고 있다. 아마도 개념이 실재를 지칭하기에 부적합하다는

중관파의 개념 분석이 경전적 전통에 대한 부정으로 이끌었을 것이다. 이런 연관에서의 선의 전통은 경전적 전통을 완전히 부정하는 데에서 중관파를 훨씬 넘어서는 것으로 보인다. 중관파는 개념이 실재를 표현하기에는 부적합하다고 간주하는 한편, '절대를 이해하는 데에 '관습적인 것'의 가치를 인정하였다. "인간의 마음을 직접 가리킨다"와 "자신의 본래 성품을 본다"는 것은 유식학파 방법의 반향으로 보인다. 중국 불교의 초기 시기에 가장 대중적인 학파는 중관파와 유식학파였는데, 중관파의 철학적 가르침, 특히 수나타 즉 '공'(空)의 개념은 대부분이 도교 신자였던 지식인들에게 일반적으로 받아들여질 수 있었다. 특질상 인도의 수행인 명상의 수행을 중국인들은 열정적으로 따랐는데, 이 두 전통의 발전이 선불교의 교의에서 최고점에 이른 것이라 할 수 있다. 중관파의 철학이 반형이상학적이고 반사변적이고 반스콜라적이었다는 사실에도 불구하고, 새로운 가르침이 중국에서 열정적으로 받아들여진 결과 스콜라적 활동이 대단히 증가하였다. 거의 5백 년에 가까운 스콜라적 활동이 그런 노력이 쓸데 없음을 깨닫게 했음에 틀림없다. 그리고 선의 반작용은 불교 세계의 다른 부분에서 일어났던 것과 대단히 유사하다. 스콜라적 활동에 대한 혐오는 육조(六祖) 혜능(慧能)이 완전히 문맹이었다는 전설에 의해서 의심이 여지없이 상징적으로 표현된다.

선은 중관파 유식의 두 흐름의 최고점을 나타낸다. 상호간의 영향에도 불구하고 그 두 흐름은 그들 나름대로의 현저한 특성을 보유하고 있는 것으로 보이며, 따라서 서로 다른 두 형태의 선을 발생시켰다. '점진적 깨달음'(점오: 漸悟)을 강조하는 선의 유파는 가장 높은 형태의 깨달음의 계발을 목표로 하는 명상의 길의 점진성을 강조하는 유식학파의 전통에 고무받은 것 같다. '문득 깨달음'(돈오: 頓

悟)을 지지하는 선의 유파는 중관파의 '공' 개념에 영향 받은 것으로 보인다. 이 두 흐름은 5조(五祖) 홍인의 두 제자에게까지 거슬러 올라갈 수 있을 것이다. 홍인에게는 신수와 혜능 두 제자가 있었다. 혜능의 단경에 따르면, 홍인은 그의 제자 등에게 그들 각각의 깨달음의 정도를 스승이 알 수 있도록 시를 지어라고 명령을 내렸다. 그의 목적은 조사(祖師)의 증표를 만들 수 있는 후계자를 찾는 것이었다. 신수는 다음과 같은 시를 지어서 사원의 기둥이 있는 방의 벽에 썼다.

몸은 깨달음의 나무이고,
마음은 깨끗한 거울과 같다.
항상 그것들을 빛내도록 힘써서,
먼지가 끼지 않도록 하자.

이 시는 의심의 여지 없이 유식 철학을 아주 간결하게 표현하고 있다. 마음은 본래 순수하다. 그런데 흘러 들어오는 해독(번뇌:煩惱)에 의해서 오염된다. 따라서 그 위에 앉는 먼지를 끊임없이 털어 내야 한다. 그리고 그것은 끊임없는 명상에 의해서 성취된다. 그러나 5조 홍인은 완전히 만족하지 못하여 비밀히 신수에게 그 시는 깨달음의 징표가 없다고 가르쳐 주었다. 이것은 홍인이 점진적 깨달음 이론의 기초가 되는 유식의 가르침을 찬성하지 않았다는 암시가 될 수 있을까? 그런데, 전적으로 교육을 받지 못한 혜능이 홍인의 명성을 듣고 중국 남부에서 와서 스승에게 자신을 제자로 받아줄 것을 간청하였는데, 홍인은 이 소년의 비범한 직관적이고 지적인 능력을 알았지만, 제자들의 반열에 끼는 것을 허락하지 아니하였다. 대신 사찰에서 장작을 패고 방아를 찧는 일을 하도록 허락하였다. 소년은 신수의 시를 듣고서 그 자신은 문맹이었으므로 자신을 위하여 두 번 읽어 주기를 부탁하였다. 거기서 그는 또 다른 시를 지어서 벽에 쓰게 하였다.

깨달음은 본래 나무가 없다.
깨끗한 거울도 원래 대(臺)가 없다.
본래부터 한 물건도 없다.
어디에 먼지 낄 곳이 있겠는가?

앞의 시와 비교하면, 이 것은 중관 사상 특히 '공'의 교의의 확실한 흔적을 보여준다. 홍인이 유식 사상보다는 중관에 호의를 가지고 있었을 것이라는 사실은 홍인이 비밀리에 혜능을 밤에 그의 방으로 불러서 조사의 증표를 준 사실에서 더욱 시사적이다.[28]

2) 육조단경의 대법(對法, 제27장 상대법)

대사께서 드디어 문인 법해·지성·법달·지상·지통·지철·지도·법진·법여·신회 등을 불렀다. 대사께서 말씀하셨다. "너희들 열 명의 제자들은 앞으로 가까이 오너라. 너희들은 다른 사람들과 같지 않으니, 내가 세상을 떠난 뒤에 너희들은 각각 한 곳의 어른의 될 것이다. 그러므로 내가 너희들에게 법을 설하는 것을 가르쳐서 근본 중취를 잃지 않게 하리라. 삼과의 법문을 듣고 동용삼십육대(動用三十六對)를 들어서 나오고 들어감에 곧 양변을 여의도록 하여라. 모든 법을 설하되 성품과 모양을 떠나지 말라. 만약 사람들이 법을 묻거든 다 쌍으로 해서 모두 대법을 취하여라. 가고 오는 것이 서로 인하여서 구경에는 두 가지 법을 다 없애고 다시 가는 곳마저 없게 하라.

삼과 법문이란 음(陰)·계(界)·입(入)이다. 음은 오음(五音)이요 계는 십팔계(十八界)요 입은 십이입(十二入)이다. 어떤 것을 오음이라고 하는가? 색음·수음·상음·행음·식음 이니라. 어떤 것을 십팔계라 하는가? 육진(六塵)·육문(六·門)·육식(六識)이니라. 어떤 것을 12입이라 하는가? 바깥의 육진과 안의 육문이니라. 어떤 것을 육진이라고 하는가? 눈·귀·코·혀·몸·뜻이니라. 법의 성품이 육식인 안식·이식·비식·설식·신식·의식의 육식과 육문과 육진을 일으키고 자성은 만법을 포함하나니, 함

장식(含藏識)이라 이름하느니라. 생각을 하면 곧 식이 작용하여 육식이 생겨 육문으로 나와 육진을 본다. 이것이 삼·육은 십팔이니라. 자성이 샅되기 때문에 열 여덟 가지 샅됨이 일어나고, 자성이 바름(정:正)을 포함하면 열 여덟 가지 바름이 일어나느니라. 악의 작용을 지니면 곧 중생이요, 선이 작용하면 곧 부처이니라. 작용은 무엇들로 말미암는가? 자성의 대법으로 말미암느니라.

바깥 경계인 무정(無情)에 다섯 대법이 있으니, 하늘과 땅이 상대요 해와 달이 상대며 어둠과 밝음이 상대이며 음과 양이 상대이며 물과 불이 상대이니라. 논란하는 말과 직언하는 말의 대법과 법과 형상의 대법에 열 두 가지가 있다. 유위와 무위·유색과 무색이 상대며, 유상과 무상이 상대이며, 유루와 무루가 상대이며, 현상(色)과 공(空)이 상대이며, 움직임과 고요함이 상대이며, 맑음과 흐림이 상대이며, 범(凡)과 성(聖)이 상대이며, 승(僧)과 속(俗)이 상대이며, 늙음과 젊음이 상대이며, 큼과 작음이 상대이며, 김과 짧음이 상대이며, 높음과 낮음이 상대이니라.

자성이 일으켜 작용하는 대법에 열 아홉 가지가 있다. 샅됨과 바름이 상대요, 어리석음과 지혜가 상대이며, 미련함과 슬기로움이 상대요, 어지러움과 선정이 상대이며, 계율과 잘못됨이 상대이며, 곧음과 굽음이 상대이며, 실과 허가 상대이며, 험함과 평탄함이 상대이며, 번뇌와 보리가 상대이며, 사랑과 해침이 상대이며, 기쁨과 성냄이 상대이며, 버림과 아낌이 상대이며, 나아감과 물러남이 상대이며, 남과 없어짐이 상대이며, 항상함과 덧없음이 상대이며, 법신과 색신이 상대이며, 화신과 보신이 상대이며, 본체와 작용이 상대이며, 성품과 모양이 상대이니라.

유정·무정의 대법인 어(語)·언(言)과 법(法)·상(相)에 열 두 가지 대법이 있고, 바깥 경계인 무정에 다섯 가지 대법이 있으며, 자

성이 일으켜 작용하는데 열 아홉 가지의 대법이 있어서 모두 설흔 여섯 가지 대법을 이루니라. 이 삼십육 대법을 알아서 쓰면 일체의 경전에 통하고 출입에 곧 양변을 떠난다. 어떻게 자성이 기용(起用)하는가? 삼십육 대법이 사람의 언어와 더불어 함께 하나 밖으로 나와서는 모양에서 모양을 떠나고, 안으로 들어와서는 공(空)에서 공을 떠나나니, 공에 집착하면 오직 무명만 기르고 모양에 집착하면 오직 사견만 기르느니라.

법을 비방하면서 곧 말하기를 '문자를 쓰지 않는다'고 한다. 그러나 이미 문자를 쓰지 않는다고 말할진대는 사람이 말하지도 않아야 옳을 것이다. 언어가 곧 문자이기 때문이다. 자성에 대해서 공을 말하나 바른 말로 말하면 본래의 성품은 공하지 않으니 미혹하여 스스로 현혹됨은 말들이 샅된 까닭이니라. 어둠이 스스로 어둠지 아니하나 밝음 때문에 어두운 것이다. 어둠이 스스로 어둠지 아니하나 밝음으로써 변화하여 어둠고, 어둠으로써 밝음이 나타나나니, 오고 감에 서로 인연한 것이다. 삼십육 대법도 또한 이와 같으니라."(29)

VIII. 양자역학의 인과성과 실재성 문제에 대한 불교철학적 접근

1. 양자역학, 음양사상 및 육조단경에서의 상보성

<양자역학>

사람은 사물을 서로 모순되고 대립되는 두 가지 개념으로 나누어 파악하려는 경향을 갖고 있다. 선과 악, 음과 양 같이 서로 대립되는 개념으로 나누어 사물을 파악하려고 하는데, 물리학자들도 적어도 고전물리학에서는 자연현상을 기술하는 데 대립되는 두 가지 개념을 도입한다.

인간의 논리와 사고방식이야 어떻든 자연이

이중성을 갖는 것이 밝혀진 이상, 물질을 입자와 파동으로 나누어 생각하는 고전물리학적 개념을 버리고 이중성을 받아들여 설명할 수 있는 새로운 역학 체계가 필요할 것이다. 이 새로운 역학 체계가 양자역학인데, 양자역학에서는 입자가 갖는 파동성을 입자가 존재할 수 있는 확률이 파동적 성질을 갖고 나타나는 것이라고 본다. 입자-파동의 이중성이 입자의 존재 확률을 나타내는 확률파에 기인한다고 설명하면 물리량의 측정에 어떤 제약이 따르게 마련이다. 이 제약을 수치적으로 나타낸 것이 하이젠베르크의 불확정성 원리이다. 보어는 불확정성 원리가 모든 물리량에 적용된다고 보았다. 물리학에서는 물리적 실체에 물리량을 대응시키고 이 물리량을 결정함으로써 실체를 기술하는데, 이 물리량에는 이 물리량과 상보적이라고 부르는 어떤 양이 있게 마련이다. 예를 들면 입자의 운동량과 위치는 상보적인 양이며, 에너지와 측정시간 역시 상보적인 양이다. 이들뿐만 아니라 모든 기본적인 물리량은 짝이 되는 상보적인 물리량을 갖게 마련이다. 짝을 필요로 하지 않는 물리량은 기본적인 물리량이 될 수 없고 기본적인 물리량으로부터 결정되는 양일 뿐이다. 이것은 고전역학에서나 양자역학에서나 다 마찬가지이다. 차이점이란 이 한쌍의 상보적인 양들을 동시에 정확히 결정할 수 있느냐 없느냐에 있다. 불확정성 원리가 수학적인 진술인데 반하여 상보성 원리는 철학적이고 포괄적인 진술이라 할 수 있다. 즉, 상보성 원리는 불확정성 원리를 이해하는 인식론적 틀을 제공한다고 볼 수도 있다.

〈음양사상〉

양자역학의 인식론적 원리가 곧 상보성이라 할 수 있다. 입자-파동, 위치-운동량 등 현상 인식을 위한 개념의 짝이 상호 대립적이면서 서로 보완적으로 둘 다 필요하다는 것인데, 음양 사상에는 입자-파동, 위치-운동량 같은

물리적 개념이 적용되기에는 약간 부자연스러운 면이 있다. 그보다는 동과 정, 열(熱)과 한(寒) 남과 여, 팽창과 수축, 밝음과 어둠 등 논리적으로 상반되거나 대립되는 요소들의 역동적 조화에 더 관심이 모아졌다고 보겠다. 따라서 사물의 인식과 지식에 관한 한계보다는 사물 존재의 특성을 파악하는 원리라는데 음양사상의 특성이 있다는 점에서 상보성 원리와 음양사상은 약간 차이가 있다. 사실 상보성의 개념은 음양사상의 물리학적 적용이라 할 수 있고 뒤집어 말하면 음양사상은 상보성 원리를 일반화하여 모든 자연현상, 나아가 모든 인간 문화 생활의 본질로 보는 것이라 할 수 있다. 서로 모순되고 대립되어 보이는 두 요소가 역동적으로 상호작용하면서 균형과 조화를 이룬다고 보는 전래의 음양사상이 현대 물리학에서도 여전히 적용된다는 것은 놀랄만한 점이라고 하겠다.

〈육조단경〉

생각을 하면 곧 식이 작용하여 육식이 생겨 육문으로 나와 육진을 본다. 이것이 삼·육은 십팔이니라. 자성이 샷되기 때문에 열 여덟 가지 샷됨이 일어나고, 자성이 바름을 포함하면 열 여덟 가지 바름이 일어나느니라. 악의 작용을 지니면 곧 중생이요, 선이 작용하면 곧 부처이니라. 작용은 무엇들로 말미암는가? 자성의 대법으로 말미암느니라. 유정·무정의 대법인 어(語)·언(言)과 법(法)·상(相)에 열 두 가지 대법이 있고, 바깥 경계인 무정에 다섯 가지 대법이 있으며, 자성이 일으켜 작용하는데 열 아홉 가지의 대법이 있어서 모두 설흔 여섯 가지 대법을 이루는데, 이 삼십육 대법을 알아서 쓰면 일체의 경전에 통하고 출입에 곧 양변을 떠난다.

〈논의〉

고전역학을 완성시킨 수학적 업적의 바탕 위에 불확정성 원리를 더 고려하면 양자역학

적인 논의가 될 수 있을 것으로 생각하므로, 불확정성 원리는 고전역학과 양자역학을 구분시켜 주는 중요한 원리로 볼 수 있는데, 에너지와 시간 또는 위치와 운동량 등 짝이 되는 두 물리량을 동시에 정확하게 측정할 수 없다는 것이 불확정성 원리의 주요 내용이다. 이는 어쩌면 시-공간적으로 보아서 정지와 운동은 대립적인 개념이므로, 정지하고 있다면 그 운동을 말할 수 없고 운동하고 있다면 정지해 있을 수 없는 것인 바 이에 대한 보다 더 근본적인 철학적인 논의가 요청되는 시점인 것으로 볼 수 있다. 이러한 문제에 대한 철학적인 논의는 동서양을 막론하고 적지않은 철학자들이 깊이 있는 연구를 한 것으로 생각된다. 그러나 논자가 생각할 때에는 아직도 완벽하게 문제가 해결되었다고는 생각하지 않는다. 몸과 마음의 대립되는 개념의 조화에 관한 문제를 예로 들고자 한다: 김 재권 교수와 데이빗슨 교수의 학설이 심리철학의 정신인과 문제에 있어서 오늘날 첨예하게 대립하고 있으나 쉽게 해결될 것 같지 않다.

그런데 대립되는 개념의 조화의 문제는 중국철학에서는 물론 불교철학에서, 그 중에서 언어와 논리의 초월을 논의하는 선불교에서도, 중심적인 개념으로 논의하고 있음을 볼 수 있다. 이는 20세기에 들어와서 상대성 이론과 양자역학이 체계화 됨으로 인하여 고전 물리학을 뒷받침하던 결정론적 세계관이 문제시 됨과 아울러서 문제가 제기되었던 것으로 볼 수 있는 이러한 상보성에 관한 철학적인 문제를, 불교철학적인 논의에 비추어서 그것과 관련되는 논의를 해볼 필요가 있다고 생각한다. 다음 절에서는 범위를 인과성과 실재성이라는 데에로 좁혀서 이와 관련된 논의를 계속하고자 한다.

2. 양자역학과 불교철학에서의 인과성 문제

〈양자역학〉

“모든 사건은 반드시 어떤 원인에 의해 유발된다”고 하는 하나의 대전제 즉 ‘인과율’을 설정하게 되며, 이는 다시 원인과 결과 사이의 필연적 관계를 규명해 보려는 더욱 일반적인 노력으로 연결된다. 즉 우리는 자연의 법칙을 인과의 틀 속에서 발견하려 노력함과 동시에, 인과의 관계를 자연의 법칙에 의하여 뒷받침하려는 노력을 하게 되며, 이로 인하여 과학이론과 인과개념은 불가분의 관계를 지니게 된다. 그러나 과학 이론이 발전함에 따라 인식론적 구조가 드러나게 되었으며 이 구조 속에서는 현실세계와 서술세계가 명확한 구분을 가지게 되므로, 과학 이론과 인과개념의 관계도 이러한 구조 속에서 더 엄격히 규정하지 않을 수 없다. 즉 “인과관계는 현실세계에서 성립하는 것인가, 서술세계에서 성립하는 것인가, 그리고 이 두 세계의 연결과정과 관련하여서는 어떠한 주장을 할 수 있는가?” 하는 의문을 떠올리게 된다.

동역학의 인식론적 성격에 의하면 시간 t_1 과 t_2 에서 경험한 두 개의 사건 사이의 관계는 현실세계 안에서는 더 이상 추구할 수 없으며 이들을 서술세계의 상태 $\Psi(t_1)$ 과 $\Psi(t_2)$ 로 전환시켜 이들 사이의 관계만을 추구할 수 있으므로, 우리는 서술세계 속에서의 인과관계만을 먼저 묻고 그 결과의 해석을 통하여 다시 현실 세계 속에서의 인과관계 성립 여부를 살펴보는 것이 순서이다.

고전역학을 택하는 경우에는 ‘상태’가 ‘사건’을 일의적으로 대표하는 것이므로 사건 사이에도 상태사이의 인과관계와 완전히 동일한 인과관계가 성립한다. 한편, 양자역학을 택하는 경우에 ‘상태’와 사건 사이에는 일반적으로 오직 확률적 관련성만이 존재하므로 이러한 ‘사건’들 사이의 인과관계도 확률적으로밖에 인정할 수 없다. 다음에 ‘사건’과 ‘상태’의 인과관계를 고찰할 경우, 사건이 상태

에 미치는 영향이 '아인슈타인 인과율'을 위배하면서 전달될 수 있다는 가능성을 구체적으로 제시할 수 있는 이론이 바로 양자역학이며, 이러한 점에서 양자역학은 이것이 서술하는 내용의 실재성에 관련하여 많은 논란의 대상이 되고 있다.

〈불교철학〉

붓다는 사물의 본성에 대한 탐구 과정에서 인과과정의 통일성을 발견하게 되었다고 선언하였다. 붓다가 제자들에게 행한 설법 가운데서 가장 중요한 것 중의 하나는 〈인과관계에 관한 설법〉인데, 거기에서 그는 (1) 인과율(緣起의 法則)과 (2) 인과적으로 조건지어진 현상(緣生의 法)에 대해서 말한다. 붓다에 따르면, 이 두 개념은 세상의 모든 것과 개별적 사물들 및 그것들 사이에 존재하는 관계를 설명한다. 붓다 당시와 그 이전의 인도에서의 인과율에 관해서는 세 가지 주된 이론이 있었다: (1) 자기 원인설 (2) 외부 원인설 (3) 자기 원인과 외부 원인 결합설이 그것이다. 첫 번째는 실체론 학파에 의하여 주장되었고, 두 번째 이론은 자연주의자들에 의하여 주장되었으며, 세 번째 이론은 앞의 두 이론을 종합하려 시도한 것인데, 자이나교도들에 의하여 주장되었다. 그리고 〈인과관계에 관한 설법〉에서 붓다는 인과관계의 네 가지 특성에 대하여 언급하였다. 그것은 (1) 객관성 (2) 필연성 (3) 불변성 (4) 조건성이다.

이러한 인과관계의 특성들의 기반 위에 붓다는 초기 설법에서 다음처럼 일반적인 공식으로 정형화하였다: << 이것이 있을 때 저것이 있게 되고; 이것이 일어남으로부터 저것이 일어난다. 이것이 없을 때 저것이 생겨나지 않고; 이것이 정지하면 저것도 그친다.>>

초기 경전의 많은 곳에서 발견되는 이 진술은 붓다가 인과 현상의 여러 경우들을 잘 살펴본 연후에 도달하게 된 인과적 통일성이나

인과율의 개념을 설명하고 있다. 그리고 붓다가 설명하는 인과적 통일성이나 인과율의 개념은 영원하다는 주장과 없어져 버리고 만다는 주장의 두 극단 사이의 황금의 중도로 알려져 왔는데, 그것은 불교의 중심적 교의가 되었다. 즉, 그것은 불변하는 부동의 '자아'를 가정하는 실체론자들의 영원하다는 이론과, 연속성을 완전히 부정하는 무실체론자들의 없어져 버리고 만다는 이론에 대한 붓다의 답변이었다. 이 인과율의 개념에서 주목되는 중요한 측면 가운데 하나는 후대의 인도 철학의 학파에게서 보게 되는 인과율에 대한 합리주의적 이론들에서 일반적으로 발견되는 형이상학적 가설이 없다는 것이다.

그런데, 인과 현상의 개별적인 경우들이 감각적이고 초감각적인 모든 경험에 근거하여 증명되는 한편, 인과법칙의 통일성은 이러한 경험들에 기초를 둔 귀납적 추론을 통해서도 달성된다. 초기 불교도들이 그들의 존재에 대한 경험적 이론 덕분에 원인과 결과 사이의 연관 관계를 성립시키는 데에는 아무런 문제가 없었으나, 설일체유부와 경량부의 두 불교학파는 그들이 현상 세계를 설명하기 위해 형이상학적 이론들을 내놓았을 때에 중관파의 등장을 도와주었다. 설일체유부의 인과 동일성 이론이 형이상학적 이론으로 간주될 수 있는 것과 마찬가지로, 경량부의 인과의 상이성 이론도 인과율의 부정에까지 이를 수 있는데, 나가르주나의 증론은 대부분 이 두 학파의 형이상학적 이론을 논파하는데 충당되고 있다. 증론은 나가르주나의 시대에 있었던 불교 이외의 학파에 의해서 뿐만 아니라 불교 학파에 의해서 세워진 인과율에 대한 네 가지 형이상학적 이론의 각각에 대해서 서술하고 논파하는 것으로부터 시작한다. 네 가지 이론은 (1) 자기 원인이나 자기 생성, (2) 외부 원인이나 외적 요인에 의한 생성, (3) 자기 원인과 외부 원인 모두에 의함, (4) 무원인이다. 나가

르주나에 따르면 인과율은 순수한 상대성이
다. 그리고 이 상대성은 '공'(空)과 동의어이
다. 모든 다르마는 상대적이라서 모든 다르마
는 또한 공이다. 상대적이지 않은 다르마는
없다. 따라서 공이지 않은 다르마는 없다. 만
일 공이 아닌 다르마가 있다면, 그것은 인과
적으로 조건지어질 수 없다. 따라서 공이 아
님을 받아들인다면 비상대성을 받아들이는 것
이 된다. 그리고 그 결과로 생성과 소멸을 부
정해야만 한다. 생성과 소멸을 받아들이지 않
는다면 네 가지 성스러운 진리를 받아들일 수
없다. 나가르주나는 네 가지 성스러운 진리에
대하여 말하기를 어렵게 하는 것은 공을 받아
들이는 것이 아니라 공을 거부하는 것이라고
주장하는 바, 이것은 재미있는 변증법이다.

〈논의〉

물리학에는 많은 법칙들이 있다. 그러나 교
과서에서는 이들 물리 법칙들이 왜 그렇게 되
어야 하는지에 대해서는 거의 언급되지 않고
있는 실정이다. 실험에 의하면, 또는 관측에
의한 결과 이러 저러한 법칙이 성립한다 하고
넘어가는 실정에 있다고 거칠게 말해도 좋지
않나 생각한다. 그런데 이러한 법칙과 관련하
여 적어도 무엇인가를 측정하려면 어떤 조건
을 고려해야 하고, 갖추어진 조건에 따라 파
생된 효과를 예측 검증하는 절차가 필요하므
로, 인과개념에 대한 논의가 불가피 해진다고
생각된다. 그러나 인과관계에 대한 논의는 결
정론적인 논의와 함께 크게 문제시 되지 않았
으나, 흄의 인과율 부정에 관한 논의 이래로
서양철학적으로도 이에 대한 많은 논의가 있
어 왔다. 그런데 결정적으로 문제가 제기되었
던 것은 양자역학에서 였다고 본다. 즉, '사건'
과 '상태' 사이의 인과관계를 고찰할 경우, 사
건이 상태에 미치는 영향이 '아인슈타인 인과
율'을 위배하면서 전달될 수 있다는 가능성을
양자역학은 구체적으로 제시하고 있다고 볼

수 있기 때문이다. 이는 특수 상대성 이론에
의하면, '결과'가 '원인'보다 먼저 일어난다고
해석할 수 있는 경우가 생기므로 이러한 논의
는 과학적인 논의라 볼 수 없다는 것이다. 이
는 어쩌면 19세기 말에 물리학이 당면하였던
문제와 유사하다고 할 수도 있을 것으로 본
다: 라더포드의 원자모형에 대한 보어의 가설
은 그당시 틀림없는 이론 체계로 알려졌던 전
자기학 이론에 의하면 모순이 되나, 수소원자
의 스펙트럼에 대한 실험 결과들을 훌륭하게
설명할 수 있었던 것이다. 즉 그 당시에는,
가속되는 하전 입자는 전자기파를 방출시키며
원운동은 곧 가속 운동을 의미하므로, 원운동
한다고 가정된 보어 원자의 전자들은 에너지를
잃고 핵에 포획되어야 하는데 원자가 안정
된 상태에 있으므로 그렇지 않다는 것이 실험
적 사실이었다. 그런데 양자역학이 체계화되면
서 전자기학 이론도 살릴 수 있었다고 보여진
다. 왜냐하면 전자의 원운동 개념을 없애므로
써, 즉, 양자역학 체계에 고전역학의 기본 개
념의 하나인 속도의 개념을 없애므로 써 전자
기학 이론이 적용되는 대상이 되었던 가속도
라는 개념이 적용될 수 없게 하였기 때문이다.

그러면 여기에서 양자역학의 '상태'에 대한
논의를 함에 있어서도 '아인슈타인 인과율'을
적용해야만 하는지를 검토해 볼 필요가 있다
고 생각한다. 다시 말하면, 인과성에 관한 철
학적인 논의를 함에 있어서 우리는 "원인은
결과보다 앞선다" 라는 말이 성립하는가에 관
한 논의를 먼저 할 필요가 있다고 생각한다.
그런데 불교철학의 역사적인 분석에 의하면,
이 말 뿐만 아니라 "결과는 원인보다 앞선
다" 또한 논리적으로 성립할 수 없다고 나가
르주나가 '중론'에서 논하였다는 것을 알 수
있다. 이러한 나가르주나의 논의를 양자역학
에서 제기된 인과성 문제에 적용한다면, '아인
슈타인 인과율'이 위배된다고 해서 양자역학적
논의를 문제삼을 것이 아니라 '아인슈타인 인

과율'을 전제로 해야만 할 논리적 근거가 무엇인지부터 검토해 보아야 된다는 것을 일컫는다고 볼 수 있을 것으로 생각한다.

3. 양자역학과 불교철학에서의 실재성 문제

(양자역학)

물리 이론과 물리적 실재와의 관계는 20세기 초 양자 이론이 처음으로 등장했을 때부터 많은 관심과 논란의 대상이 되어왔다. 초기에는 물질을 구성하는 기본적인 실체가 입자적 성격을 가지는가, 파동적 성격을 가지는가 하는 것이 커다란 문제로 대두되었으며, 특히 이것이 입자와 파동 양쪽의 성질을 함께 지닌다고 하는 이른바 '입자-파동성'이 커다란 수수께끼로 등장하였다. 이는 동역학의 서술모형을 설정하면서 우리가 기본적으로 입자 모형을 선택하게 되면 그 양자역학적 상태로 파동적 성격을 지닌 것을 얻으며, 반대로 기본적으로 모형으로 파동 모형(장, field 모형)을 취하게 되면 그 양자역학적 상태 속에 입자적 성질이 나타난다는 사실과 관련된 것으로서, 기본적으로 대상에 대한 모형 설정 및 상태 해석의 문제와 밀접히 관련된다. 따라서 양자 이론이 체계적으로 형성되기 전에 크게 성행하던 이러한 논의는 양자역학의 수학적 구조가 분명히 밝혀진 이후에는 주로 대상의 상태에 관한 존재론적 해석의 문제로 귀착되었다. 즉 이러한 양자역학적 상태가 과연 대상 실체에 관한 어떤 객관적 실재를 반영하는 것인가 아닌가 하는 것이 논의의 핵심을 이루게 된다. 양자론을 이해하기 위한 과정에서 진정한 난제는 다음과 같은 질문을 통해서 드러난다. 즉 원자 상태에서 '실제적'으로 일어나는 현상이 무엇인가 하는 질문이다. 여기서 '실제적'이라는 표현은 양자론이 고전적 개념과는 전혀 다르다는 것을 암시한다. 이러한 암시가 양자론에서 가장 중요한 확률함수를 낳게하였

다. 확률함수는 원자상태에 대한 인간의 주관적 인식을 표현하는 경향성, 혹은 가능태를 표시하는 수학적 표현인 것이다. 우리는 관찰의 결과를 완전하게 객관화시킬 수 없으며, 결국 두 관찰 행위 사이에 발생하는 차이를 인정할 수 밖에 없다. 이렇게 관찰하는 방식에 따라 결과의 차이가 생긴다면, 이는 곧 과학 이론에 주관주의가 개입되고 있음을 의미하는 것처럼 보인다. 관찰 행위 자체가 관찰 결과에 결정적 영향을 미친다는 사실은 고전적 개념으로는 이해되기 어려운 점이다. 관찰 자체를 통해서 확률함수는 불연속적인 변화가 일어난다. 관찰은 가능 사태를 현실화시키는 것이다. 관찰과 더불어 대상 체계에 대한 관찰자의 인식도 불연속적이다. 또한 그것을 포함한 수학적도 불연속적 형태를 지닌다. 양자 도약(quantum jump)이 그 실례이다. 그러므로 "가능태"에서 "현실태"로의 전이는 관찰 행위를 통해서 일어난다. 그 전이과정은 정확한 인과율의 법칙에서 벗어나 있다. 외적인 상호작용이 있기 때문이다. 관찰자 자신, 모든 관찰 수단, 그 외에 한정되지 않은 많은 요소 때문에 그러한 결과가 나온다. 관찰자는 단지 "가능태"(possible)에서 "현실태"(actual)로 어떻게 변하는가를 결정하는 작용자(function)에 지나지 않는다. 이 때 관찰자가 관찰 장치이든 사람이든 상관하지 않는다. "가능태"에서 "현실태"로 변환되는 과정을 개현화(registration)하고 하는데, 이것은 양자론 해석에 있어서 절대적으로 필요한 중요 개념이다.

이러한 양자역학과 같은 서술의 경우 우리는 관측된 물리량들의 값을 대상에 부여하는 것은 무의미할 뿐 아니라 불필요한 일이다. 오직 이로부터 유추된 상태만을 대상에 부여하여 미래 상태 산출에 활용하게 되지만 이것 또한 새로운 예측을 위한 조작적 의미 이상을 부여받은 것이 아니다. 즉, 대상에 부여되는

이러한 상태조차도 실재성을 지닌 그 어떤 것으로서가 아니라 다음 관측이 이루어질 때까지 일시적으로 유효한 일종의 '정보집약물'로서 부여하는 것이다.

그러면서도 양자역학과 같은 서술이 의미 있는 과학 이론이 될 수 있는 것은 이러한 확률적 예측만으로도 대상의 물리적 상황에 대한 매우 유익하고 의미있는 지식을 마련해줄 수 있기 때문이다. 성공적이고 훌륭한 과학이론이 되기 위해서는 반드시 실재성이 부여된 물리량만을 다루는 라플라스와 같은 결정론적 서술이어야 하는 것이 아니라는 점을 양자역학의 엄청난 성공이 명백히 말해주고 있는 것이다. 사실상 양자역학에서는 관측 가능한 물리량들 뿐만 아니라 이와 관련된 '상태' 개념에 대해서 실재성을 부여하지 않더라도 성공적인 과학 이론이 되게 하는 데는 지장이 없다. 그런데 EPR 역설이 제기된지 50년의 세월이 지나서 마침내 많은 물리학자들을 납득시킬만한 자세한 실험 결과가 발표되었다. 즉, 아스페 등의 실험에서 양자역학의 예측이 정확하게 맞아 떨어짐을 증명했다. 즉, 서로 떨어져 간 한 쌍의 광자 사이에는 이상한 상관관계가 존재한다는 결론을 내려 EPR-역설은 역설이 아니고 현실에 존재한다는 것을 밝혔다.

〈불교철학〉

붓다의 설법에 따르면, 이 세계에는 인과법칙의 영역에 속하지 않는 것은 하나도 없다. 인과율은 사물들의 생겨남과 없어짐을 설명한다. 따라서 인과율의 직접적 추론의 결과는 세계의 모든 사물들이 (1) 영원하지 못하고(無常), (2) 불만족스럽고(苦), (3) 본질이 없다(無我)는 것이다. 불교의 비영원성 이론은 일반적으로 잘못 이해되어 왔다. 그 이유는 변화 과정을 논리적으로 분석함으로써 아비다르마 계통에 속하는 후대의 불교 학파에

의해서 생성된 '순간 이론'이라고 알려진 후대 이론과 그것이 혼동되었기 때문이었다.

세계가 영원하지 못하다는 사실에서부터 모든 것이 만족스럽지 못하다는 것이 도출된다. 그가 만족을 얻어내고자 하는 사물들은 따라서 궁극적으로 분석하면 불만족스러운 것이다. 붓다는 영원하거나 불변하는 '자아'라는 실재가 없다는 것을 체득했을 뿐만 아니라, 그런 실재에 대한 믿음에 더 이상의 괴로움에 이끈다는 것을 발견하였다.

불교에서의 스콜라주의는 붓다의 가르침을 그것의 통일성을 깨는 알력이 없이 영속시키려는 필요에서 일어났다. 이 목적을 위해서 채용된 방법들 중의 하나는 붓다의 기본적 가르침을 수집하고 분류해서 적어도 그것들에 대해서는 어떤 불일치도 없도록 하는 것이었다. 이 기본적 교의들을 선택하고 열거하는 과정에서 붓다가 설명하기 위해 사용했던 통상적인 방법은 변형되었는데, 설법에서 중요한 역할을 하였던 비유·일화·예증과 같은 것들의 사용은 무시되었다. 그리고 경과 학술적인 사이에 근본적인 차이점도 있었는데, 경은 일반적인 가르침으로, 그리고 논은 궁극적 실재에 대한 논술로 간주되었다. 그런데 논은 실재를 정신과 물질로 분석하였는데, 정신과 물질은 궁극적 실재로 인식되어 왔다. 현상이 정신과 물질이라는 두 상이한 그룹의 실재로 분석되었을 때, 아비다르마 학자들은 그것들 각각에 정의를 내려야 했다. 따라서 마음이나 심적 공동작인은 비물질적인 것으로 정의되었고, 물질은 비정신적인 것으로 정의되었다. 이렇게 두 요소 사이의 날카로운 이분법이 생겨났다. 그런데 이는 완전히 다른 본성을 가진 마음이 어떻게 물질을 지각할 수 있게 되었느냐 하는 문제를 제기하였다. 이러한 문제를 설명하기 위하여 아비다르마 학자들은 물질 분석의 방법을 사용하였는데, 이러한 분석이 설일체 유부와 상좌부에 실체이론이 나올

수 있는 길을 마련했고, 심리적 현상을 마음과 심리적 공동작용의 두 형태로 분석한 것은 결국 심리적 현상을 실체론적 관점에서 보게 하는 것으로 이끌게 하였다. 이러한 관념들은 상좌부와 설일체유부 두 아비다르마 학파의 공통적인 줄거리를 이루는데, 순간성과 원자론의 이론들은 붓다교사 이후의 상좌부·설일체유부·경량부의 모든 학문적 불교학파에서 발견된다. 설일체유부 학자들은 현상을 순간적 존재들로 분석하였는데, 변화의 이론에 따르면, 변화하는 다르마의 한 측면이 있는 반면에 다른 측면들은 변화하지 않고 남아 있다. 변화하지 않고 남아 있는 것이 다름아닌 사물의 기반이나 실체이다. 모든 것의 실체 존재가 과거·현재·미래의 시간의 세 단계에 걸쳐서 변화하지 않고 남아 있다고 주장하는 교의는 이 학파에게 설일체유부라는 명칭을 부여하게 했는데, 실체가 변화하지 않고 있다는 이론은 원인과 결과 사이의 관계를 설명하기 위해 사용되었다. 그런데 이 불교학파들의 형이상학에 내포된 논리적인 모순에 대한 비판이 나가르주나에 의하여 이루어 졌음을 주목할 필요가 있다.

칸트의 "비판철학"이 헤겔 관념론에의 길을 마련한 것처럼, 나가르주나의 비판 철학은 비록 그와 같은 관념론이 이전에는 알려지지 않았더라도 바수반두의 체계화된 형태의 절대적 관념론에 기여했다고 말할 수 있다. 교의적으로는 경량부가 유식 관념론의 선구자로 간주되는데, 경량부의 표상적 지각 이론은 논리적으로 관념론으로 이끌었다.

또한 선은 일반적으로 중관·유식 혼합주의의 중국적 적용으로 묘사되며, 명확한 철학적 기초를 갖고 있다. 여기서 선불교가 중국에서 대단히 유행했던 중관파와 유식학파를 대치하였다는 것을 주의하여야 하는바, 선은 중관파 유식의 두 흐름의 최고점을 나타낸다. 상호간의 영향에도 불구하고 그 두 흐름은 그들 나

름대로의 현저한 특성을 보유하고 있는 것으로 보이며, 따라서 서로 다른 두 형태의 선을 발생시켰다. '점진적 깨달음'을 강조하는 선의 유파는 가장 높은 형태의 깨달음의 계발을 목표로 하는 명상의 길의 점진성을 강조하는 유식학파의 전통에 고무받은 것 같으며, '문득 깨달음'을 지지하는 선의 유파는 중관파의 '공' 개념에 영향 받은 것으로 보인다.

〈논의〉

양자역학적 상태가 과연 대상의 실체에 관한 어떤 객관적 실재를 반영하는 것인가 아닌가 하는 대상의 상태에 관한 존재론적 해석문제에 대하여, 관측 가능한 물리량들 뿐만 아니라 이와 관련된 상태 개념에 대해서 실재성을 부여하지 않더라도 성공적인 과학이론이 될 수 있음을 양자역학은 보여주었다. 그 뿐만 아니라 벨의 부등식에 의하여 이를 실험적으로 검증할 수 있는 길이 열렸는데, 현재까지는 양자역학적인 예측이 맞음을 실험적 사실들이 뒷받침하고 있다고 볼 수 있다. 그런데 이와 관련한 명쾌한 서양철학적인 논의를 논자는 좀처럼 찾아볼 수 없었다.

그런데 불교철학의 역사적인 분석에 의하면, 붓다의 설법 체계를 논장에서 학술적으로 분석하는 과정에서 실체를 인정하게 되기에 이르렀으나, 이러한 형이상학을 나가르주나가 논리적으로 비판하여 '공사상'을 체계화 하였고, 그 이후 이러한 공사상을 바탕으로하여 방대한 유식철학이 체계적으로 논의되었는데, 중국에 와서는 선불교가 이들 사상을 종합함은 물론, 이들을 또 다른 차원으로 이끌고 갔다.

여기에서 논자는 양자역학이 제기한 관측 가능한 물리량이나 상태의 비실재성에 대하여서는 보다 깊이 있는 철학적인 논의가 필요함을 알 수 있었다. 즉, 설일체유부나 경량부의 논의가 고전물리학적인 논의와 비슷한 면이

있다면, 나가르주나의 논의는 양자역학적인 논의와 비슷한 점이 있음을 알 수 있었다. 그런데 붓다의 비영원성에 대한 논의는, 현대 과학에서는 $E = mc^2$ 이라는 공식을 언급하지 않더라도 적어도 물질 세계에서는 받아들일 수 있는 것이라고 생각한다. 그런데, 붓다는 연기의 법칙으로부터 비영원성의 추론은 물론 물질과 정신세계를 망라한 방대한 불교철학 체계가 성립되었음을 주목하여보면, 양자역학에서의 비실재성은 공사상의 현대과학적인 표현이라고 보아지며, 이는 또한 물리철학의 발전과 불교철학 체계가 직접 또는 간접적으로 연관되었음을 말한다고 보여진다.

IX. 결론

동역학의 인식론적 성격에 의하면 시각 t_1 과 t_2 에서 경험한 두 개의 사건 사이의 관계는 현실 세계 안에서는 더 이상 추구할 수 없으며 이들을 서술 세계의 상태 $\Psi(t_1)$ 과 $\Psi(t_2)$ 로 전환시켜 이들 사이의 관계만을 추구할 수 있으므로, 우리는 서술세계 속에서의 인과관계만을 묻고 그 결과의 해석을 통하여 현실세계 속에서의 두 사건 간의 인과관계 성립 여부를 살펴나가야 한다. 그런데 "원인이 원인으로 인정받기 위해서는 이것이 결과보다 앞서 일어나야 한다는 사실이 객관적으로 인정될 수 있어야 한다"는 것이 인과율 성립을 위한 절대적 조건으로 많은 물리학자들이 인정하고 있는데 이를 '아인슈타인 인과율'이라고도 한다. 그러나 이러한 인과율이 위배될 가능성을 구체적으로 제시하고 있다는 점에서 양자역학은 이것이 서술하는 내용의 실재성에 관련하여 많은 논란의 대상이 되고 있다. 이로부터 우리는 양자역학이 물질의 영역을 벗어나서 마음의 문제도 포함시켜서 논의할 필요성이 있음을 말한다고 볼 수 있는데, 많은 논문에서 이와 관련된 논의가 계속되고 있으나

아직도 명확히 해결되지 않고 있다고 볼 수 있다. 따라서 양자역학이 제기한 철학적인 문제를 보다 본질적인 면에서 접근할 필요성이 제기된다고 볼 수 있는데, 필자는 물질과 마음의 구조를 동시에 분석했던 부파불교 이후 불교의 학문적 업적을 이 문제와 관련시켜서 주목하였다.

고전역학을 완성시킨 수학적 업적의 바탕 위에 불확정성 원리를 더 고려하면 양자역학적인 논의가 될 수 있을 것으로 생각한다. 불확정성 원리는 고전역학과 양자역학을 구분시켜 주는 중요한 원리로 볼 수 있는데, 에너지와 시간 또는 위치와 운동량 등 짝이 되는 두 물리량을 동시에 정확하게 측정할 수 없다는 것이 주요 내용이다. 이는 어쩌면 시-공간적으로 보아서 정지와 운동은 대립적인 개념으로써, 정지하고 있다면 운동을 말할 수 없고 운동하고 있다면 정지해 있을 수 없는 바, 이에 대한 보다 더 근본적인 철학적 논의가 요청되는 시점인 것으로 볼 수 있다. 그런데 대립되는 개념의 조화의 문제는 중구철학에서는 물론 불교철학, 그 중에서 언어와 논리의 초월을 논의하는 선불교에서도 중심적인 개념으로 논의하고 있음을 볼 수 있다. 이는 20세기에 들어와서 상대성 이론과 양자역학이 체계화 됨으로 인하여 고전물리학을 뒷받침하던 결정론적 세계관이 문제시 됨과 아울러서 상보성에 관한 철학적인 문제가 제기되었던 것으로 볼 수 있다. 이러한 문제의 해결을 위하여 검토해 볼 필요가 있는 철학적으로는 불교철학이 적합할 것으로 생각된다.

'사건'과 '상태' 사이의 인과관계를 고찰할 경우, 사건이 상태에 미치는 영향이 '아인슈타인 인과율'을 위배하면서 전달될 수 있다는 가능성을 양자역학은 구체적으로 제시하고 있다고 볼 수 있으나, '아인슈타인 인과율'에 관한 철학적인 논의를 함에 있어서 우리는 "원인은 결과보다 앞선다"라는 말이 성립하는 근거는

무엇인가에 관한 논의를 할 필요가 있다고 생각한다. 그런데 불교철학의 역사적인 분석에 의하면, 이 말 뿐만 아니라 "결과는 원인보다 앞선다" 또한 성립할 수 없다고 나가르주나가 '중론'에서 논하였다는 것을 알 수 있다. 만약, 이러한 나가르주나의 논의를 양자역학에서 제기된 인과성 문제에 적용한다면, '아인슈타인 인과율'이 위배된다고 해서 양자역학적 논의를 문제삼을 것이 아니라, '아인슈타인 인과율'을 전제로 하여야만 할 논리적 근거가 무엇인지부터 검토해 보아야 된다는 것을 일컫는다고 생각한다.

그리고 양자역학적 상태가 과연 대상의 실체에 관한 어떤 객관적 실재를 반영하는 것인가 아닌가 하는 대상의 상태에 관한 존재론적 해석문제에 대하여, 관측 가능한 물리량들 뿐만 아니라 이와 관련된 상태 개념에 대해서 실재성을 부여하지 않더라도 성공적인 과학이론이 될 수 있음을 양자역학은 보여주었다. 그 뿐만 아니라 벨의 부등식에 의하여 이를 실험적으로 검증할 수 있는 길이 열렸는데, 현재까지는 양자역학적인 예측이 맞음을 실험적 사실들이 뒷받침하고 있다고 볼 수 있다. 그런데, 붓다가 깨달아 안 연기의 법칙으로부터 비영원성의 추론은 물론 물질과 정신세계를 망라한 방대한 불교철학 체계가 성립되었음을 주목하여보면, 양자역학에서의 비실재성은 '공사상'의 현대과학적인 표현이 될 수도 있다고 보아지며, 이는 또한 물리철학의 발전과 불교철학 체계가 직접 또는 간접적으로 연관되었음을 말한다고 보여진다.

참고문헌

- [1] Yoichiro Murakami, The Limits of Conventional Science: BIOLOGICAL COMPLEXITY AND INFORMATION, H. Shimizu edited (World Scientific, Singapore, 1990), pp.217-227
- [2] David J. Kaluphana, Causality: The Central Philosophy of Buddhism (Hawaii Univ. Press., Honolulu, 1975), pp.71-75, 184-185
- [3] F.Capra, The Tao of Physics : 이성범·김용정 공역, 현대물리학과 동양사상 (서울, 범양사, 1979) p.69
- [4] 윤용택, 붕게(M. Bunge)의 인과론 -범인과론과 반인과론에 대한 비판을 중심으로- (철학 박사학위논문, 동국대학교학원, 1994) pp.24-25
- [5] W.Heisenberg, Physics and Philosophy : 최중덕 역, 철학과 물리학의 만남 (서울, 혼겨레, 1985) pp. 32-44.
- [6] 송희성, 양자역학 (교학연구사, 서울, 1987) p.124
- [7] 김성구, 계간 과학사상 제 17호 (범양사, 서울, 1996년 여름)
- [8] W. Heisenberg, 전계서, pp. 45-55
- [9] 윤용택, 전계논문, pp.145-149
- [10] W. Heisenberg, 전계서, pp.120-132
- [11] 장희익, 과학과 메타과학 - 자연과학의 구조와 의미- (서울, 지식산업사, 1991), pp.85-118
- [12] 장희익, 상계서, pp.121-125
- [13] Werner C. Heisenberg, Das Naturbild der heutigen Physik, 이필렬 역, 현대물리학의 자연상 (이론과 실천, 서울, 1991) pp.30-31
- [14] 윤용택, 전계논문, pp.17-18
- [15] 장희익, 상계서, pp.125-129
- [16] 장희익, 상계서, pp.129-134
- [17] G.Zukav, The Dancing Wu Li Master : 김영덕 역, 춤추는 물리 (서울, 범양사, 1990) pp.391-433
- [18] NHK 아인슈타인팀 : 현문식 역, 아인

- 슈타인의 세계(제3권 : 빛의 수수께끼)
(고려원미디어, 서울, 1993), pp.158-161
- [19] 장희익, 전개서, pp.134-139
- [20] 장희익, 계간 과학사상 제9호 (범양사, 서울, 1994년 여름)
- [21] 소광섭, 계간 과학사상 제18호 (범양사, 서울, 1996년 가을)
- [22] D. Kalupahana, Buddhist Philosophy - A Historical Analysis- : 최유진 역, 불교 철학-역사적 분석- (도서출판 천지, 서울, 1992), pp.39-50
- [23] D. Kalupahana, 상계서, pp. 51-62
- [24] D. Kalupahana, 상계서, pp. 63-71
- [25] D. Kalupahana, 상계서, pp.135-151
- [26] D. Kalupahana, 상계서, pp.173-186
- [27] D. Kalupahana, 상계서, pp.187-199
- [28] D. Kalupahana, 상계서, pp.215-232
- [29] 성철 편역, 돈황본 육조단경(장경각, 경남 합천 해인사, 불기 2532년) pp.245-253

A Buddhist Philosophical Approach to the Problem of Causality and Reality in Quantum Mechanics

Nam Gyu Hyun

Department of Physics, Cheju National University, Cheju 690-756
Young Ung Yang

Department of History, Cheju National University, Cheju 690-756

Abstract

The theoretical implication of quantum mechanics shows that in the microscopic systems there would be no such things that are completely independent from observation. It is true that there were some who argued that by the measurement problem we become forced to introduce human consciousness into physical reality or at least into a description of physical reality. Bell's theorem shows us that two seemingly 'independent' measurements should be thought to be correlated with each other. This mathematically proven theorem, published in 1964, later had some experimental supports. Thus one of the philosophical conclusions induced from this may be as follows: on the one hand, we have to deny, by the special theory of relativity, that the two measurement processes in the two labs have causal influences on each other, and in spite of that, on the other hand, we should accept that the two measurement processes are, in a sense, inseparable. This shows us a possibility of self-referentials for the description

of physical reality. At least we could learn, from the situations, that the result of saying something on a microscopic physical system is correlated with the result of saying some other thing on it. Without considering the point, we could not describe the quantum world. Thus even in the theoretical aspect of physics, there could be some room for the self-referential structure to be discussed.[1] Although nobody knows what a new, revised physics would be like, we can say that it may have a self referential structure. Therefore we wanted to find out some correlations in the problem of causality and reality in quantum mechanics with that in buddhist philosophy, since we think that it may be helpful to the forthcoming new physics.

There were the pre-Buddhist concept of causation such as 'self causation' and 'external causation'. Buddha found these concepts to be limited and inadequate to express reality. This was not because reality as he saw it was indescribable or transcendental but because people used these concepts to express only a part of reality, the part that fit their metaphysical predictions. Rejecting an Absolute or a transempirical reality, Buddha confined himself to what is empirically given. He recognized **causality as the reality** and made it the essence of his teaching. But Sarvastivadins engaged in endless analysis of dharmas into their minutest forms and accepted the view that dharma is a point in space and time: the buddhist school in India came to accept the theory of atoms and the theory of moment. Thus they came to believe in an underlying substratum considered to be eternal. Afterward Nagarjuna refuted the Sarvastivada concept of reality and wrote a book, starting from fundamental proposition in Buddhist philosophy that there is nothing in this empirical world that is not causally produced [2] and his idea has been well progressed toward the thought of Zen Buddhism in China.

In this thesis we have found that there are some similarities in the problem of causality and reality in quantum mechanics with those of early buddhist philosophy. To sum up, in the theory of quantum physics we need not necessarily persist on the 'causality of Einstein', but may introduce the causality of Buddha (=causality as the reality).