

原 子 論

—루크레티우스(Lucretius)의 原子, 極微 및 쿼크의 對比—

玄 南 奎 *

Atomism

— A Comparison of Lucretius' Atom, Paramâu and Quarks—

Hyun, Nam Gyu

Abstract

The term Atomism is derived from the Greek word *atoma*—“things that cannot be cut or divided”. The history of Western Atomism can be divided into two more or less distinct periods, one philosophical and the other scientific, with transition period(from 17th to 19th century).

The concept of an indestructible substance of the Parmenides's unique and invariable Being as the subject of varying properties became one of the fundamental concept of western thought. In order to reconcile the idea of unchangeable Being(of Parmenides) with that of eternal Becoming(of Heraclitus), Leukippus and Democritus assumed the atom, the smallest indivisible unit of matter. They explained everything in terms of moving atoms and regarded them as self-sufficient, ultimate, uncaused entities and, which had been in motion from all time.

In Buddhist philosophy, atomic theory have arisen in two schools of Hinayana Buddhism: When Buddhist school in India accepted the view that a “dharma” is a point in space-time, they came to accept the theory of atoms(*Paramanuvāda*) and a theory of moments(*Ksanavāda*). But they are treated as illusory products of *avidya* by the more important Mahayana branch. So Indian Atomism has not developed into a scientific theory.

Until its development in the third decade of 20th century, the scientific atomic theory did not differ philosophically very much from that of Dalton.

* 자연과학대학 물리학과

Dalton's atom were no longer considered to be immutable and indivisible; new elementary particles sometimes appeared on the screen. In 1964 Gell-Mann succeeded in accounting for a large number of hadron pattern by assigning appropriate quantum numbers to his three quarks and their antiquarks: Baryons can be said to consist of three quarks and mesons of a quark plus antiquarks and for this model it is essential to have pointlike, structureless quarks. But, so far no hadrons have even been broken up into their constituent quarks.

We have compared in this thesis atoms, paramânu and quarks and have found that there were many similarities between them.

But in contemporary atomic theory, the hypothesis of the existence of immutable elementary particles has been abandoned: elementary particles can be transformed into radiation and vice versa. In its search for universal and unchangeable laws, modern science is to a great extent inspired by the same idea as Parmenides, since universal laws presuppose a certain unity in the material world and unchangeable must be hidden behind all changes.

Thus we are in great hope that ancient Indian Atomism will contribute a little to the solution of the problem of elementary particle physics.

I. 序論

가장 넓은 의미에서 原子論이란 용어는 不變의 입자들이나 單一實在들의 집합체로서 복잡한 현상을 설명하는 견해를 말한다. 이 철학의 가장 성공적인 응용은 자연과학에서 찾아 볼 수 있다. 원자적 관점에 따르면, 물질세계는 미세한 입자들로 이루어졌는데, 그것은 비교적 간단하고 변하지 않으며 너무 작아서 볼 수 없는 것으로 여겨진다.

자연계에서 볼 수 있는 형태의 다양함은 이런 입자들과 그들의 배열 방법의 차이에 의하여 주어진다. 따라서, 어떤 관찰할 수 있는 변화는 이런 배열의 변화로 귀착되어야 한다.

본 論文에서는 希臘의 四元素說과 印度의 四大를 비교하고 나서 루크레티우스의 原子論과 아비달마불교의 極微實存論 및 素粒子論을 再考함으로써 이들 사이에 존재하는 유사점들을 대비코자 한다. 西洋 못지않은 哲學的 原子論이 佛敎恩想에도 있었으나 왜 科學的 原子論은 東洋에서는 독자적으로 발전되지 않았는가 하는 의문이 이 논문을 쓰게 된 동기이나 짜임새있는 논문이 되지 못했다. 이에 대한 상세한 논의는 차후 연구과제로 삼는다.

Ⅱ. 四元素說과 四大

원자론에 대한 일반적인 생각 뿐만아니라 다른 형태의 모든 범위(sppectrum)가 고대 그리스에서 기원했다.

탈레스(Thales B. C. 624-546 년경), 아낙시만더(Anaximander B. C. 610-545 년경), 아낙시메네스(Anaximenes B. C. 545 년경 활동) 등은 다양하고 끊임없이 생성 변화하는 세계를 구성하는 어떤 궁극적인 실재로서 一者를 주장하면서 그 一者로부터 多를 설명하려고 했다. 궁극적인 실재란 불변적이고 영원한 것으로 多의 背後에 놓여 있는 것이므로, 一者로부터 多가 성립된다는 것은 매우 어려운 문제들을 갖게 된다. 그러므로 문제는 이 어려움들을 어떻게 합리적으로 설명하는가 이다. 더 나아가 바로 거기에서 파생된 것은 變化의 문제인데, 변화는 운동의 개념을 同伴한다. 따라서 그 입자 속에 운동의 개념의 들어가 있는가 그렇지 않은가 하는 문제가 대두될 것이고, 만약 거기에 운동의 개념이 들어가 있지 않다면 運動因으로 다른 것을 끌어 들여야 할 것이다. 왜냐하면 운동은 一者로부터 多가 성립할 때 관계를 맺어주는 관계의 원리이며, 따라서 多가 성립될 수 있기 때문이다.

탈레스는 모든것의 궁극적 실재(arche)는 "물"이라고 생각했다. 아낙시만더는 탈레스가 경험 세계에서 그 실재를 찾은 데 반하여, 抽象的 의미에서 無限定者를 arche로 생각했다. 아낙시메네스는 arche를 공기로 설정하였고, 헤라클리투스(Heraclitus, B. C, 500 년경 활동)는 영원한 불만이 실재이고, 여타의 것들에 관한 한 실재하는 것은 없고 모두 감각의 환상에 불과하며, 오직 불과의 관계에서만 존재할 뿐이고, 그리고 끊임없는 변화의 운동만이 존재한다고 말했다. 一元論者들 가운데 엘레아(Elea)학파의 創始者이며 一元論을 논리적으로 極端에까지 끌어올린 철학자는 파르메니데스(Parmenides, B. C. 515-450 년경)이다. 그에 따르면 실재 개념의 존재론적 성격을 다음과 같이 묶어서 취급해 볼 수 있다:⁽¹⁾

- 1) 존재는 불생 불멸하고 영원하다.
- 2) 존재는 연속적이고 광범이며 나누어질 수 없고 단일하다.
- 3) 존재는 움직이어질 수 없고 완전한 구형이다.

파르메니데스는 궁극적인 실재의 개념적인 성격을 명확하게 설명하였으나 거기로부터 나와야 할 多의 세계는 완전히 부정되었으므로 多의 세계를 구제하기 위하여 多元論者들이 등장한다.

1.希臘의 四元素說

엠페도클레스(Empedocles, B. C. 492-432)는 “無로부터 아무 것도 생겨날 수 없다”는 파르메니데스의 원칙을 채택하고 변형시켰지만 한편으로는 존재하는 것들의 唯一性(uniqueness)을 부인함으로써 변화의 관념을 부활시켜 주었다. 흙, 물, 공기, 불은 모두 현재 존재하고 과거에도 항상 존재해 왔었는데. 이것들은 그가 “사랑”과 “싸움”이라고 명명한 두 가지 대립되는 힘들의 영향하에서 서로 섞이고 분리되면서 변화를 일으킨다.

科學論理의 歷史의 관점에서 보면 엠페도클레스의 체계 가운데 두 가지 점이 중요하다.²⁾ 즉 물질적인 元素의 개념과 比率(proportion)의 개념의 사용이 그것이다. “元素”라는 용어는 애매해서, (1)“原初的” 물질들, 즉 모든 것의 존재에 앞서 항상 존재해 온 물질들, (2) “단순한 물질들”, 즉 復合物들이 그것들로 분리될 수는 있지만 그 자신들은 더 이상 분리될 수 없는 물질들을 가리킨다. 그리스어에서 元素에 해당하는 전문용어인 “stoicheion”—이것은 플라톤(Platon, B. C. 427-347 년경)에 이르러서야 도입되는데—을 그가 사용한 것은 아니나, 그는 그 이전의 누구보다도 훨씬 명확하게 原初的이면서도 단순한 물질의 관념을 표현했다. 그는 흙, 물, 공기 불을 “根源들”이라는 꽤 뚜렷이 정의된 개념으로 지칭하고 있다. 첫째, “根源들” 자체는 생성되는 것이 아니라 영원하며 창조되지 않는 것이다. 그러므로 이것들은 原初的 物質이란 의미에서 “元素的”이다. 그리고 두번째로, 根源들은 “사랑”과 “싸움”이라는 원인들에 의해 서로 결합되거나 분리되어 이 세상의 다른 모든 것들을 구성하는 것이다. 그의 “根源들”은 영구적이고 단순하다. 다른 것들이 그것들로 분해될 수 있지만 그것들 자체를 더 이상 나누는 것을 불가능한 구성원소들인 것이다. 그럼에도 불구하고 그의—그리고 다른 모든 그리스 과학자의—元素의 개념은 현대의 원소의 개념과 적어도 한가지 분명하고 결정적인 점에서 차이가 난다. 즉, 그것들이 化學적으로 순수한 물질들이 아니라는 점이다. “흙”이라는 말은 아주 다양한 固體물질들에 적용되었고, “물”은 여러 액체들 뿐만 아니라 금속들(이것들도 용해 가능하기 때문에)에도 또한 쓰였으며, “공기”는 어떤 기체에나 적용되었다. 그러므로 엠페도클레스의 “根源들”을 라보아지에(Lavoisier, 1743-1794)이후 化學에서의 산소나 수소 같은 순수 물질들로 생각해서는 안된다. 흙, 물, 공기는 물질의 고체, 액체, 기체상태를 대체로 나타내주

며, 여기에 불-과정(process)이 아니라 실체(substance)로 간주 되었던- 이 세가지와 동등한 지위에서 네번째원소로 자연스럽게 포함되었던 것이다.

과학적 이론의 발전에 있어서 엠피도클레스의 두번째 중요한 공헌은 “比率”이라는 개념의 사용에 있다. 그가 네 가지 “根源들”을 설정해서 다른 모든 물질들을 이것들의 복합물로 간주 했으나 어떻게 한정된 수의 “근원들”이 거의 무한한 수의 서로 다른 물질들을 만들어낼 수 있는가 하는 어려운 질문에 대한 대답으로 “根源들”이 서로 다른 “비율”로 결합해서 서로 다른 물질들을 形成한다는 생각을 제시했던 것이다. 그리고 그는 그런 생각을 통해서 특정한 물질은 항상 “根源들”이 일정한 비율로 결합해서 형성된다는 것을 분명히 했다.

4가지 요소의 이론이 반드시 원자론이라고 할 필요는 없지만 분명히 그것들은 원자론적 용어로 해석하는 것이 알맞다. 즉, 원소들이 불변하는 가장 작은 부분으로 여겨질 때에, 이런 경우 모든 관찰되는 변화는 근본적인 원소 물질들의 분리와 혼합으로 환원된다. 따라서 존재가 불변한다는 파르메니데스의 주장은 유지되나, 존재의 절대적 단일성은 폐기된다. 그러나 자연에 있어서 형태와 변화의 무한한 다양성이 4원소사이의 일종의 과정으로 환원된다는 사실은 모든 존재 단일성 주장과 유사한 점을 보여 준다. 4원소설과 근대 화학의 이론 사이에 커다란 차이에도 불구하고, 약100여개의 질적인 차이가 있는 원자들이 엠피도클레스의 원자론과 똑같은 범주에 속한다는 것은 분명하다.

아낙사고라스는 자연에 서로 다른 물질들이 있는 것만큼의 많은 질적으로 서로 다른 “원자”들을 가정한다. 아낙사고라스가 “씨앗”으로 불른 이러한 수의 원자들은 영원하고 부패하지 않기 때문에, 이 이론은 여전히 파르메니데스로부터 빌려온 생각을 포함한다. 아낙사고라스의 이론의 특징은 모든 실체는 가능한 모든 종류를 씨앗들을 포함하며, 그 안에서 우세한 종자의 이름을 따서 명명된다. 그 본체는 다른 종류의 씨앗을 포함하기 때문에 그 씨앗에서 분리되어 그밖의 어떤 것으로 변화할 수 있다.

연속적인 변화에도 불구하고 특정 형태의 전체적인 질서가 계속 존재한다는 관찰된 사실을 설명하지 않았다는 이런 이유로 아리스토텔레스와 플라톤은 물질원소의 원리보다 질서의 원리에 더 관심을 가졌다.

아리스토텔레스(Aristoteles, B. C. 384-322)는 다른 모든 물질들을 네가지 단순체들- 흙, 물, 공기, 불-의 복합물로 생각하고, 이 네가지 각각을 또 네가지의 주된 대립된 성질들-熱, 冷, 乾, 濕-중의 둘의 결합으로 설명한다. 즉, 흙은 차며 건조하고, 물은 차고 습하며, 공기는 뜨겁고 습하고, 불은 뜨겁고 건조하다. 아리스토텔레스가 생각기에 문체는 자연 세계의 물체들의 感知될 수 있는 성질들을 설명하는 것이었고, 이같은 생각이 그로 하여금 정성적인 이론을 취하도록 한 것이다. 즉, 모든 물질

적 성질들은 대립적 성질들의 스펙트럼상의 한 점에 위치시킬 수 있고, 따라서 이들 성질들을 딱딱함과 부드러움, 거칠음과 매끄러움 같은 성질들의 對立變들을 사용해서 분석될 수 있다. 그러나 이러한 대립쌍들은 다른 대립쌍들로부터 파생될 수 있고 혹은 다른 것들로 바뀔 수도 있다. 예를 들어 딱딱함과 부드러움은 각각 건조함과 습함의 변형으로 취급될 수 있는 것이다. 아리스토텔레스의 생각으로는 모든 물질적 성질들을 파생시킬 수 있는 최소한의 대립쌍의 수는 둘(뜨거움-차가움과 건조함-습함)이며, 이들 두 쌍으로부터 가능한 네가지 조합을 통해 흙, 물, 공기, 불의 네 가지 단순체가 얻어지게 된다. 또한 아리스토텔레스는 흙, 공기, 물, 불의 변화에 관해서 그럴듯한 설명을 제공할 수 있었다. 예를들어 물이 증발하거나 끓어서 “공기”가 되는 변화를 그는 차고 습한 것으로부터 뜨겁고 습한 것으로의 변화, 즉 뜨거움이 차가움을 대체하는 것으로 설명했다. 그 역방향의 변화-“공기”가 다시 응축해서 물이 되는-는 차가움이 뜨거움을 대체하는 것으로 설명되었다.¹⁰⁾ 역시 이런 유형의 이론들이 이들 변화들에 대한 어떤 수학적인 설명보다도 현상들에 대한 더 직접적인 설명을 제공했다.

물질-형태의 학설에 이른 변화에 대한 그들 자신의 분석에서 아리스토텔레스는 화학 반응에서 이루는 부분들이 그들의 단일성을 유지한다는 데모크리투스의 논제를 명백히 거부하였다. 아리스토텔레스에 따르면 서로 혼합된 원소들은 그 자신으로 남지 않으나 화합물이 된다. 비록 아리스토텔레스의 화학 이론에서 가장 작은 입자가 어떤 역할을 한다는 징후가 있지만 그것은 확실하게 매우 중요한 것이 아니었다.

플라톤(Platon, B. C. 427-347)은 모든 자연의 물질들이 불, 공기, 물, 흙의 네가지 단순체의 복합물로 생각했다. 그러나 엠페도클레스와는 달리 그는 자신의 분석을 거기에서 중단하지 않고 이 네가지 단순체들을 각각 한 가지의 多面體로 나타내어 준다. 즉, 불은 정4면체, 공기는 정8면체, 물은 정20면체, 흙은 정6면체로 나타내어 주고 제5의 정다면체인 정12면체는 언급은 했으나 그것으로 어느 단순체를 나타내 주지는 않았다. 그는 단순체들을 표현하기 위해 사용하는 네가지의 모양들을 두 종류의 기본 3각형들로 구성한다. 직각 2등변 3각형과 이등분된 정삼각형이 바로 그것이다. 그리고 가장 중요한 점인데, 原子論者들이 원자들의 크기와 모양의 무한한 다양성을 가정하고 원자들간의 상호작용을 아주 일반적인 형태로만 기술한 데 반해, 플라톤은 근본 단순체들의 모양과 그것들 사이에 일어나는 변환 양쪽 모두에 관해 명확하고 구체적인 설명을 시도했다는 것이다. 그는 물이 어떻게 불과 공기로 분해될 수 있는가 등과 같은 문제들에 대해 여러가지 구체적인 설명을 제시한다. 예를 들어 정20면체는 두개의 정8면체와 하나의 정4면체로 분해되어서 공기의 정8면체 두개와 불의

정4면체 하나로 될 수 있는 것이다(즉, $20=2 \times 8+4$). 이처럼 원자론자들이 시도해 보지 않았던 것으로 플라톤이 시도했던 것은 근본 단순체들의 모양에 대한 정확한 기하학적인 설명을 제시하고, 그것들 사이에 일어나는 변환을 수학적인 式의 형태로(정 3각형의 숫자를 통해서) 귀결 시킨 점이었다.¹²⁾ 이와같이 수학적 기초 위에 원소들의 가장 작은 부분들이 가져야 하는 정확한 형태를 그는 결정했다.

2. 印度의 四大

인도 사상의 한 潮流로서 B. C. 6C경에 발생하여 전 세계적으로 많은 영향을 미친 부처님의 입멸후 100년경부터 진보적인 청년 비구들을 중심으로 하는 일파인 大衆部와 보수적인 장로 비구들의 일파인 上座部로 불교 교단이 분열된 이래 200여년 동안 교단은 20여 부파로 분열하였다. 이들 부파는 원시불교이래 전승되던 경장과 율장을 자파에 맞게 고쳐 전승하였고 나아가 Arbhidharma 라고 불리우는 教義書를 독자적으로 만들어 이른바 논장을 성립시켰다. 이처럼 部派時代의 불교 교단은 Arbhidharma 論藏을 비롯한 三藏을 자기들대로 독자적으로 보존 전승하였으므로 이 새대의 불교를 일반적으로 Arbhidharma 佛教라고 한다. 부파불교가 arbhidharma적으로 전개되었던 까닭이나 필연성은 당시 內外상황으로 비추어 보아서 Greece문명과 접촉이나 불교계의 필연성, 또는 三藏成立史적인 측면에서 찾아볼 수 있다. Alexander 대왕이 대제국을 건설한이래 동서 사상의 교류가 가능하여 졌으며 Asoka 왕이 전인도를 정치적으로 통일 국가로 만드므로써 인도인들은 당시 Greece 지배하에 있던 Syria나 Egypt 등 서구 여러 나라들과 교섭을 갖게 되었는데 불교도 자연스럽게 지적 활동과 논리적 판단, 그리고 변증적 사유에 뛰어났던 Greece인들의 영향을 받아 教理나 教說을 종합하고 논리적으로 조직하고 체계적으로 전개하는 태도, 즉, Arbhidharma 적 전개방법이 이루어 졌다고 지적된다. Arbhidharma 불교의 제파중에서 가장 세력이 컸던 것은 남방 세이론의 上座部이다. 후세에 대승불교 최대의 論敵이었으며 동시에 대승불교에 가장 많은 영향을 준것은 인도 서북부 간다라나 캐쉬미르 지방에서 성행하였던 상좌부 계통의 說一切有部라 할 수 있으며 實有論적 입장에서 三世實有說을 주장한다. 즉, 설일체유부는 “일체가 존재한다”는 주장을 하나의 이론에 의하여 정밀한 학설로 전개하고 이를 가지고 ‘일체는 무상하다(諸行無常), 일체는 무아이다(諸法無我)’라는 것을 논증 하려고 하는데, 여기에 “일체는 모두 고타(一切皆苦)”를 첨가하면 불교의 특색을 가장 단적으로 표현하는 말인 三法印의 내용이 된다. 로젠베르크(O. Rosenberg 1880?-1919)는 이를 ‘달마의 이론’으로 불렀다.¹³⁾ ‘달마’란 말은 보통 ‘法’으로 번역되고 있지만 특히 불교의 경우에 한정하여 보아도

매우 다양한 의미로 사용되고 있다. ‘지탱하다’, ‘유지하다’라는 어원에서 파생되어 일반적으로는 질서, 법칙, 규범 등을 나타내며 나아가 도덕, 정의, 습관, 성질, 진실, 최고의 실재등도 의미한다. 불교어로는 부처님의 가르친 진리를 지칭하는 것이 가장 널리 보이는 용례이다. 그러나 법이 널리 일반적인 사물, 존재를 의미하는 경우도 있다.

설일체유부에서 달마는 단순히 어떤것, 존재 그 자체가 아니라, 집적되어 존재를 구성하는 바의 ‘존재 요소’로 생각되고 있다. 경험의 세계 속에 있는 일체의 것, 존재, 사물, 현상은 복잡한 인과관계에 의한 무한한 달마의 이합 집산에 의해 유동적으로 구성 되어 있다는 것이 ‘달마 이론’의 기본적 사고이다. 완성된 설일체유부의 ‘달마이론’에서는 달마를 75종류로 헤아린다. 모든 현상적 존재는 이 75종류의 달마로 구성 되어 있다. 그런데 이러한 주장은 75종류의 달마에만 ‘실재성’을 인정하고 이 이외의 현상적 존재 그 자체에는 실재성을 인정하지 않음을 의미한다.⁽³⁾ 이 75종의 달마의 내용은, 먼저 一切諸法을 有爲法으로 나눈다. 여기서 爲라함은 원래 造作을 뜻하는 말로써 有爲法이란 인연에 의하여 생긴 항상 변화하고 생멸하는 무상한 존재와 현상을 의미하며, 無爲法은 조작되지 아니한 따라서 생멸과 변화를 떠난 “절대평등, 상주불멸”인 진리의 세계를 의미한다. 有爲法을 다시 분류하면 네 가지가 있는데, 色, 心, 心所, 不相應法이 그것이다. 眠, 耳, 鼻, 舌, 身이란 五根과 色, 聲, 香, 味, 觸이란 五境, 및 無表色은 色法이고, 心法은 1, 心所法은 46, 不相應法은 14법으로 나뉜다. 無爲法은 3法이 있다. 色, 心, 心所, 不相應, 無爲를 五位라 하며, 이들을 소위 “五位七十五法”이라고 말한다.

달마의 체계에 있어서 물질과 마음의 상대는 현저하다. 五位도 無爲를 제외하면 물질(‘色’)과 마음(‘心’, ‘心所’)과 물질도 마음도 아닌 것(‘心不相應行’)의 구별로 귀착된다.

이와같이 불교에서는 물질을 정신과 분리하여 설명하는 것이 아니라 항상 平等하게 설명하고 있는 것이 사실이며 나아가서 정신의 활동은 물질과 인연을 맺으며 활동한다는 것이다. 그리하여 11종의 물질계를 정하여 설명하게 되는 데 그 물질의 본성은 四大(4원소)라고 한다. 四大은 곧 地大, 水大, 火大, 風大등을 말한다.

2. 1. 물질을 형성하는 四大性

人間的 육체를 비롯하여 눈 앞에 보이는 것은 모두 물질이라고 하여도 과연 아닐 것이다. 적게는 미진이 있고 크게는 천체가 있으며 그 밖에 우주 안에 있는 것은 거의 物質界이다. 이러한 물질계가 무엇에 의하여 창조되며 또 물질의 성질은 무엇인가에 대하여 불교에서는 일찌기 많은 연구를 해왔다. 그 결과 地水火風등 四大에 의

하여 조성된다는 이론을 세웠다. 여기서 地大는 견고한 성질을 뜻하고, 水大는 습기의 성질을 뜻하며, 火大는 온난한 성질을 뜻하고, 風大는 輕의 움직이는 성질을 뜻한다. 그리고 四大種(일반적인 요소)이라고도 이름하는 데, 大라고 하는 것은 이것이 모든 존재의 기초가 될 정도로 커다란 중요성을 갖고 있기 때문이다.⁴⁾

2. 1. 1. 四大의 성질과 五因

앞서 地, 水, 火, 風의 四大는 단단하다(堅), 축축하다(濕), 따뜻하다(煖), 움직인다(動)는 성질이라고 말하였다. 이들 견, 습, 난, 동의 四性은 물질을 능히 조성하는(能造의)성질이 있기 때문에 因의 뜻이 있고, 반대로 물질은 造成되어지는(造成的)성질이 있기 때문에 果의 뜻이 있다. 能造는 능히 有形의 물체를 造成한다는 뜻으로서 결과인 물체에 대하여 조성하는 원인(造因)이 되는데 이 원인에 대하여 生因, 依因, 立因, 持因, 養因, 등 五因說로 이야기 된다.

ㄱ. 生因은 四大가 물질을 生成하는 業因이 된다는 뜻으로 生因이라고 한다. 이는 마치 자식이 어머니에 의지하여 出生함과 같다. ㄴ. 依因은 모든 물체가 四大에 능히 依止하여 조성된다는 뜻이며 동시에 물질은 能依가 되고 四大는 依止되는 곳이므로 의지하는 바(所依)가 되는 것이다. 이는 마치 弟子가 스승님에 의지하는 것과 같다. ㄷ. 立因은 四大가 모든 물질을 建立하는 因이 된다는 뜻으로서 모든 물질은 有形의 물질로 성립되려면 四大에 의하여 되는 것이다. 이는 마치 大地가 만물을 구성하는 요인이 되는 것과 같다. ㄹ. 持因은 四大가 물질을 유지시켜 주는 것을 뜻하며 이는 마치 음식이 수명을 유지하는 것과 같다. ㅁ. 養因은 四大가 물질을 生動케 하는 動力의 因이 되며 모든 물질을 생장케하고 성숙 시키는 것이 마치 물이 모든 수목을 운택하게 하고 성장케 하는 것과 같다.

이와 같이 四大는 여러가지 물질을 조성하여 유지 시키는 것을 본래 갖추어진 성질(自性)로 한다. 四大의 自性은 堅性, 濕性, 煖性, 動性을 뜻한다. 그러나 때로는 여러가지 것에 공통하지 않고 그 자체만이 지니는 모양(自相)이라고도 표현한다.⁴⁾

2. 2. 四大의 性質과 六界

2. 2. 1. 四大의 因義와 不增不減

地, 水, 火, 風의 四大는 큰 소용이 있기 때문에 지닌 뜻을 界라 이름하기도 하는데 여기에는 두가지 뜻이 있다. 첫째는 大種이라고 이름하게 되었다. 그러나 無爲法

은 광대하지만 種이 아니고, 有爲法만이 四大種의 이름을 갖게 된다는 점은 매우 중요한 말이다. 四大에는 相과 業의 두가지가 나타난다. 단단함(堅)은 地相이고 지탱함(持)은 地業이며, 축축함(濕)은 水相이요 적셔들임(攝)은 水業이며, 따뜻함(煖)은 火相이고 익힘(熟)은 火業이며, 움직임(動)은 風相이요 성장시킴(長)은 風業이다. 이와 같이 四大性은 한 大種만으로 물질을 구성하는 것이 아니라 四大種이 함께 내용을 이루고 그 물질의 相과 性을 유지하고 있다는 것이다. 즉, 한 물질에는 攝, 持, 熟, 長의 四業이 동시에 기능을 발휘하고 있으며 堅, 濕, 煖, 動의 自性和 함께 물질을 보존하고 있는 것이다.⁴⁾

2. 2. 2. 四大와 六界

六界는 四大性에다 空間(空界)과 그리고 精神(識界)을 더하여 모든 실상을 설명하는 학설이다. 이와 같이 六界의 가운데 地, 水, 火, 風, 空등의 色法을 근본으로 하는 것이기 때문에 六界의 지식은 필연적으로 色法の 지식을 넓히게 된다. 六界는 물질과 정신계를 이끌어 주는 근원이 되며, 六界가 물질과 정신의 代名詞라고 볼 수 있기 때문에 이들 六界의 내용을 각각 요약하여 설명해 보기로 하자.

ㄱ. 地界의 堅性: 地界는 곧 堅性을 말한다. 그러나 이 地界를 총칭하여 堅性이라고 하더라도 그 堅性의 差別은 끝이 없다는 것이다. 이러한 끝없는 견성을 크게 나누면 內外로 분류할 수 있으며 內外의 견성이 각각 다르기 때문에 편의상 나누면,

A. 內分中の 堅性: 內分 가운데의 堅性은 머리털과 털, 손톱과 이빨, 피부와 살, 근육과 뼈, 손과 발등 사람의 몸에 있는 견성을 말한다. 이들 견고한 성질보다 나은 것을 뜻한다. B. 外分중의 堅性: 自然界의 물질로서 사람의 몸 이외의 물질에 속한 견고한 성질을 뜻한다. 그것들은 땅과 산, 풀과 나무, 금과 은 등에 있는 견고한 성질 같은 것을 말한다. 이와 같이 사람의 몸과 자연계의 물질에 속한 견성은 여러가지 차별이 있으나 그 모습은 동일한 것으로 보고 있다.

ㄴ. 水界의 濕性: 水界는 비록 모두 합쳐서 濕性이라고 하지만 그 濕性의 차별은 끝이 없는 것이다. A. 內分中の 濕性: 눈물과 땀, 침과 가래 등의 습성을 말한다. B. 外分中の 濕性: 강과 내, 샘과 우물 등에 있는 濕性을 말한다. 이상과 같이 水界의 濕性은 人間の 몸에 있는 濕性和 自然界에 있는 모든 濕性을 말한다. 이와 같이 濕性은 천차 만별의 모습으로 나타나지만 그러나 차별이 있는 水界는 그 모습만은 동일하기 때문에 이들을 모두 합쳐서 水界라고 한다.

ㄷ. 火界의 煖性: 火界는 곧 煖性을 뜻하며 火界를 모두 煖性이라고 총칭하지만 그러나 그 차별성은 무한하게 있다. A. 內分中の 煖性: 이는 사람의 몸 가운데 있는 熱을 말한다. B. 外分中の 煖性: 등과 촛불 등을 말한다. 여기서 사람의 몸에 있는 內熱은 외부의 熱보다도 더욱 강하다고도 하나 內火의 煖性和 外火의 煖性등 여러가지 煖性

이 狀態가 동일하기 때문에 요약하여 모두를 합쳐서 火界라고 명칭을 붙인 것이다. 그러므로 火界는 사람에게는 물론 우주안의 물질계에 두루 차 있다고 볼 수 있다.

ㄹ. 風界의 動性: 風界는 동성을 성질로 하여 이 風界를 모두 합쳐서 動性이라고 한다. A. 內分の 動性: 몸 안에서 일어나는 風을 말한다. 들이 쉬는 숨, 내쉬는 숨 등 여러 風界가 있는 데 이들은 모두 動性이 있다고 하였다. B. 外分中の 動性: 밖의 세계에서 야기되는 것을 말한다. 조용히 부는 無塵風과 大風등의 動性을 말한다. 이와 같이 風界는 內風과 外風으로 나누어 말하고 있는데 이들의 動性이 아무리 여러가지 있다고 하더라도 그 風相은 동등하므로 이를 모두 합쳐서 風界라고 호칭하게 되었다.

ㄻ. 空界의 體性: 空界는 눈의 공간(眼穴空)이 있고 귀의 공간(耳穴空)이 있으며 코의 공간(鼻穴空)이 있다. 이와 같이 모든 물질 內에 있는 공간을 空界로 포함시키고 있다. 그러나 虛空은 色이 아니며 空界만이 色이다. 여기서 虛空은 無爲이나 空界는 有爲이라고 논함으로써 虛空과 空界를 엄연히 다르게 규정하고 있다.

ㅂ. 識界의 內容: 識界는 번뇌에 얽매인 의식(有漏意識)에 의하여 건립한다.

이상으로 六界를 대략 고찰하였으며 그 내용이 무엇인가를 알아 보았다. 이들 六界 가운데 色法과 관계되는 것은 地界, 水界, 火界, 風界, 空界등 五界인 것이며 識界는 有漏識으로서 번뇌를 야기하여 輪廻하게 하는 精神의 心體를 말한다. 그런데 여기서 알아야 할 것은 地界등 물질인 色法과 識界가 서로 분리될 수 없다는 것을 강조하기 위하여 六界를 함께 설명하고 있다는 점이다. 다시 말하면 이러한 六界에서 色法の 비중이 크다는 것을 알 수 있고 그리고 또 色法은 결국 四大가 근원이 되고 있다는 것을 알 수 있다.⁽⁴⁾

2. 3. 四大의 增減

물질 가운데 가장 작은 물질을 極微라고 하고 또 가장 큰 물질을 天體라고 하는데 이들 極微가 어떻게 成立되며 또 어떤 모습을 갖고 있는지를 고찰해 보자.⁽⁴⁾

2. 3. 1 極微의 形成

極微는 물질의 최소 단위를 말한다. 그런데 物質의 性은 地, 水, 火, 風등 四大라고 말하였다. 이들 四大로 확대 해석하면 무한한 물질계를 이룰 수 있는 성질을 발생할 수 있다. 그러나 다양한 성질을 四大로 합쳐서 호칭하고 있는데 이러한 四大는 어떻게 형체가 있는 물질의 개체를 形成하고 또 조성하는지 고찰해 보자. 그러나 四大種은 俱有因으로서 同一果만을 조성할 뿐만이 아니라 다양하게 조성할 수 있다는 것을

말한다. 여기서 俱有因이라는 말은 ㄱ. 能作因, ㄴ. 俱有因, ㄷ. 同類因, ㄹ. 相應因, ㅁ. 遍行因, ㅂ. 異熟因등 小乘의 六因說 가운데의 一因을 뜻한다. 俱有因의 뜻은 俱有는 互爲果라는 말과 같이 因과 果가 서로 因이 되고 果가 되는 것을 말한다. 여기에는 두가지 큰 뜻이 있다. 첫째는 互爲果俱有因이고 둘째는 同一果俱有因이며, 그 뜻을 보면 다음과 같다.

첫째 互爲果俱有因은 두 개 이상의 法이 서로 因이 되고 서로 果가 되는 것을 말한다. 예를 들어 地, 水, 火, 風등 四大가 色法을 구성할 때 地大가 단독으로 存在하는 것이 아니라 서로 因이 되고 果가 된다. 다시 말하면 地大가 모든 色法을 구성하게 되면, 色法은 표면상 동일한 物體로 보이지만 그 내용은 다양하게 구성되어 있음을 알 수 있다.

둘째 同一果俱有因이라는 말은 俱有因은 同一한 果를 초래한다는 말이다. 예를 들면 세 발이 달린 숲은 그 세발이 서로 의지하고 협조하기 때문에 그 숲으로 하여금 한쪽으로 기울어지지 않고 그대로 유지할 수 있는 것과 같다. 이와 같이 俱有因은 서로 협동하여 동일한 결과를 존재케 하는 것을 뜻한다.

이상과 같이 四大種은 一果를 조성하는데 서로 因이 되어주고 동시에 多果를 조성할 수 있다고 한다. 이렇게 조성된 色法의 果體는 四大와 어떤 모습으로 거주하게 되는가 하면, 四大種에 의하여 조성된 물체가 서로 섞여 있기 때문에 둘로 나눌 수 없는 것이며 피차가 上下나 上中의 위치가 일정하게 있는 것이 아니다. 그리고 모든 물체에 四大가 포함되어 있지만 볼 수 없는 것이며 또한 보여지는 것이 아니다. 또한 우리가 물질을 관찰할 때 모든 물질의 형상이 四大種에 의하여 똑같이 창조되었으나 그 형상이 서로 다른 것은 業과 大種과 물질이 서로 다르기 때문이라는 것이다. 그런데 大種과 大種에 의하여 조성된 물질이 서로 다른 것은 四大種은 항상 능동적인 입장에 있고 四大에 의하여 조성된 피조물은 항상 수동적인 입장에 서있기 때문인데 비유컨데, 大種은 담장과 같고 造色은 그림자와 같으며, 大種은 거울과 같고 造色은 像과 같다.

이와 같은 비유는 매우 타당성이 있는 비유로서 地水火風의 四大種은 항상 根源이 되어 모든 모습을 나타내는 色法觀을 말하고 있다. 이와 같이 四大의 大種은 물체를 발생하고 형성하며 조성하는 근본이 되는데, 이러한 四大가 물체를 형성하는 최초의 단위를 極微라고 한다.

2.3. 2 四大種의 增減

四大는 설사 증가와 감소가 있다고 하더라도 서로 떨어지지 않고 서로 도와가면서

물질의 형체를 조성한다. 堅性이 강하거나 濕性이 강하거나 하는 차이는 있지만 그렇다고 四大의 성질이 분리되거나 이산되는 것이 아니라는 것을 말한다. 예컨대, 견고한 물체 가운데 비록 地大의 極微(地微)가 많고 水, 火, 風 등이 적다고 하더라도 水大등을 떠나서 地微가 능히 造作될 수는 없다. 그리고 四大의 증감으로 말미암아 物質의 形體가 변화되는데, 이는 地大, 水大, 火大, 風大의 본성인 堅, 濕, 煖, 動의 四性 이 많거나 적음에 따라 물체의 모습과 성질이 달라진다는 것을 말한다.

2. 4 四大의 모임과 形體의 變化

四大의 모임으로 인하여 물질의 내용이 어떻게 변하고 유지되는가는 다음의 예에 서부터 알 수 있다.

堅性이 모임 가운데에 世界의 自相이 나타남을 얻을 수 있으나 만약 水界(濕性)가 없다고 한다면 金銀등이 녹는 것을 못하고 또 水界가 만약 없다면 金銀등은 分散되어 버린다. 만약 火界가 없다면 물질에 동요도 없게 되며 또 만약 風界가 없으면 增長할 수 없게 된다. 濕, 煖, 動성의 모임 가운데에서도 堅性和 같이 말할 수 있다. 四大의 모임에는 모두 공간과 틈새가 있다는 것이다. 이러한 학설에 의하여 볼 때 모든 물질에는 空으로 돌아가게 되며 그 공이 바로 四大의 성질을 의미한다. 이와 같이 四大의 空間이 입증된 이상 四大에 의하여 조성된 極微를 비롯하여 모든 물질에 공간이 있음을 인식하지 않으면 안된다고 본다. 그리고 四大에 의하여 조성된 極微도 서로 접촉하지 아니한다고 하였으며 만약 접촉하게 되면 두루 접촉하거나 부분적인 접촉이 있게 된다고 하였다. 두루 접촉하게 된 것은 一體가 되는 과실이 있게 되고 분산하여 접촉하게 된 것은 部分인 과실이 있게 되는 모순이 있게 된다고 하였다.

이상과 같이 극미는 과연 볼 수 있는가 아니면 볼 수 없는 것인가 하는 문제가 제시된다. 여기에 대해서는 慧眼이 있는 사람은 볼 수 있지만 慧眼이 없고 肉眼과 天眼 밖에 없는 사람은 극미를 볼 수 없다고 하였다.⁴⁾

3. 四大와 四元素說의 對比

Arbhidharma 불교의 四大와 아리스토텔레스의 4원소의 다음과 같은 대비는 주목할 만하다.⁵⁾

元素	Abhidharma .불교	아리스토텔레스
	性質(性) 作用(業)	(感覺) (運動) (觸覺)
地	堅 持	觸 下降 冷乾
水	濕 攝	視 中間 冷濕
火	煖 熱	嗅 上昇 熱乾
風	動 長	聽 中間 熱濕

희랍의 4원소는 그 자신이 더 이상 분리될 수 없는 파르메니데스의 궁극적 실재의 개념을 내포한다. 그런데 아리스토텔레스는 乾, 冷, 熱, 濕의 네가지 대립된 성질들 중의 둘의 결합으로 이 네가지 성질들을 설명한다. 그럼에 반하여 印度의 地, 水, 火, 風, 四大는 흙, 물, 불, 공기를 지칭함은 서로 일치하나 그 내용은 서로 다름을 알 수 있다. 우선 희랍의 사원소는 파르메니데스의 궁극적 실재의 개념을 내포하고 있음에 반하여 인도의 四大는 희랍의 궁극적 실재에 極微를 형성 하는 어떤 에너지와 유사한 것이기 때문이다. 좀 억지를 부린다면 四大의 地는 질량에너지, 水는 퍼텐셜에너지, 火는 輻射에너지, 風은 운동에너지에 대응시킬 수 있을 것으로 본다. 그러나 희랍의 四元素는 에너지의 개념의 적용은 곤란하다.

Ⅲ. 레우키포스(Leukipose)와 데모크리투스(Democritus), 루크레티우스(Lucretius)의 原子論

1. 레우키포스(Leukipose)와 데모크리투스(Democritus)의 原子論

최초로 엠페도클레스는 파르메니데스의 존재의 성격을 갖춘 네 기본 요소들을 가정 하였으나 거기로부터 질적인 다양함은 충분히 설명되지 못하였다. 반면에 아낙사고라스는 무한 수의 부분들을 허용하여 多의 세계를 충분히 설명하였다 하더라도 궁극적 실재의 개념은 허약한 것으로 되어버렸다. 그러므로 원자론은 파르메니데스의 궁극적인 실재 개념을 보유하면서 동시에 거기로부터 多의 세계를 충분히 설명하는데 그 목적을 두고 있는데, 이 과제는 파르메니데스가 부정했던 多와 운동의 개념의 이론적인 설명 원리로 확보되어야 함에 있다. 그렇게 함으로써 physis란 무엇인가 하는 물음에 대한 합리적인 설명이 가능해 진다. 고대 자연 철학자들이 문제삼은

physics에 대한 물음에 관하여 체계적인 설명이 원자론자들에 이르러서야 이루어졌다. B. C.5C에 엄밀한 의미에서의 원자론(레우키포스와 데모크리투스)이 확립되었다.

레우키포스(Leukippos BC 480-?)는, 참으로 존재하는 것은 불생불멸의 것인데 이것은 수없이 있어서 운동을 하고 있다고 생각하였다. 그리고 이와 같이 수 없이 깔려 있는 참된 존재는 질적인 차별은 없고 양적인 차별이 있을 뿐으로 이와 같은 원자(Atoma:분할할 수 없는 것)라고 불리는 극히 작은 물질이라고 하였다. 이와 같은 원자론의 창시자인 레우키포스의 학설을 정리하여 완성한 사람이 데모크리투스(Demokritus, B. C. 544-484)이다.¹¹⁾

1. 1 原子의 性格과 構造

원자들은 더 작은 것으로 쪼개질 수 없는가 하는 물음에 관하여 레우키포스는 미세함 때문에 더 이상 쪼개질 수 없다고 한다. 이 미세함의 개념은 두 조각으로 나누어질 부분이 없다는 말이다. 부분이 없다면 더 이상의 분할은 불가능하다. 극단적으로 작은 이 원자들은 파르메니데스의 존재의 성격을 가지며 多의 세계를 구성하는 궁극적 실재가 된다. 이것이 아낙사고라스의 무한 분할을 배제한 이유며, 제논(Zenon:B.C 335-425 년경)에 대한 원자론의 대답이다.

그러나, 레우키포스는 원자의 微細性 때문에 더 이상 쪼개질 부분이 없고, 따라서 원자는 불멸하여 영원하다고 하게 되면 개별 원자들의 크기는 모두 똑같은 크기일 것이며, 따라서 그것들의 모양은 모두 같은 것이 되므로, 동일한 모양의 원자들로부터는 질적으로 다양한 것들이 형성될 수 없게 된다. 이 약점을 보완하기 위하여 데모크리투스는, 원자의 성격을 설명할 때, 그것이 미세성을 강조한 것이 아니라 견고성(solidity)과 불투과성(Impenetrability)을 강조하여, 원자의 불가분성, 즉 영원성을 주장한다. 이것은 원자가 완전히 충만되어 있고, 빈 공간을 전혀 포함하지 않으므로 쪼개질 수 없다는 것이다. 원자의 이러한 성격은 파르메니데스의 존재의 성격과 직접적으로 부합된다. 그러면 충만한 원자들이 있다는 사실로부터 그것들의 크기와 모양이 일정해야 함은 결코 따라나올 수 없으며, 이론적으로는 커다란 모양의 것이 있을 수도 있게 된다. 典故에 따르면 데모크리투스는 세계만큼 큰 원자도 있다고 말했다 한다.¹²⁾

1. 2. 原子의 屬性和 多의 成立

그러므로 質的, 量的으로 다양한 세계는 무수히 많은 원자들의 배합으로 설명될 수

있었으며, 이 방식을 레우키포스는 전문적인 용어를 빌어 울동, 순서의 배열, 변화의 차이로 표현한다. 이 용어들을 아리스토텔레스는 모양, 배열, 위치로 표기하는데, 모양은 원자 자체의 차이로서 A는 N과 다르며, 배열은 원자들 간의 접촉 순서로서 AN은 NA와 다르고, 위치는 한 원자가 다른 원자에 대하여 어떻게 위치하느냐로서 A는 V와 다르게 위치하여 있다. 여기로부터 질적, 량적으로 다양한 것들이 형성된다.

그러므로 질적, 량적으로 잡다한 세계는 다양한 모양을 가진 무수한 원자들의 모양, 배열, 위치등의 차이에 의해 충분히 산출될 수 있다고 결론을 내려도 좋을 것이다.⁽¹⁾

1. 3. 空間

그러면 궁극적 실재를 보유하면서 多의 세계가 어떻게 가능한가? 그것은, 멜리수스가 암시하듯이, “만약 多가 성립한다면 그것들을 一者和 같은 것이어야 할 것이다”에 있다. 따라서 一者의 성격을 갖는 실체들은 무수하게 존재하는 데, 그것들은 각각 절대대로 깨어질 수 없고 영원한 것들로 세계를 구성하는 궁극적인 것들이다. 그러나 거기에서 多數性을 가능하게 해 주는 것은, 즉 그것들을 각각 구분시켜 주는 것은 물질적인 속성을 절대로 갖지않는 他者여야 하는 데, 그것은 텅 빈 공간이다. 공간의 개념이 처음으로 대두되기 시작한 것은 엘레아학파의 전통에서 비롯되는 데, 파르메니데스에 의하면 공간은 비존재로서 생각되거나 언급될 수도 없는 無였다. 그러나 원자론자들은, 엠페도클레스와 아낙사고라스와는 달리, 공간의 존재를 전제했다는 점에 특색이 있다. 레우키포스에 의하면 끊임없이 생성 변화하는 多의 세계를 버리지도 않고, 또 빈 공간도 인정하며, 파르메니데스의 존재의 특성을 갖는 실체도 보존될 수 있는 이론이 있다고 한다. 즉 “빈 공간은 비존재이다. 그것은 존재의 어떤 부분도 갖지 않는다. 왜냐하면 존재는 개념의 엄격한 의미에서 완전히 파악이기 때문이다. 그러나 이 존재는 하나가 아니라 수적으로 무한하며, 크기가 미세하기 때문에 보여질 수 없다. 그것들은 빈 공간에서 움직이며, 그것들의 결합은 생성의 원인이 된다.” 이렇게 볼 때 아리스토텔레스가 전하듯이, 레우키포스는 “비존재 역시 존재 못지않게 존재 한다”는 역설을 주장했던 것이다. 여기로부터 데모크리투스는, 레우키포스가 공간으로 생각한 비존재와 전혀 생각될 수도 언급될 수도 없었던 비존재는 의미상 서로 다를지라도 같은 용어이므로 혼동을 주기 때문에, 빈 공간을 물질적인 것이 완전히 배제된 어떤 존재라 불렀다. 그러므로 원자론에 이르러 공간의 존재는 확실하게 도입되었고, 세계를 구성하는 무수한 원자들은 궁극적 실체로서 공간에서 움직인다.⁽¹⁾

1. 4. 原子의 運動

파르메니데스의 존재의 의미가 변화됨이 없이 원자들의 성격으로 바뀌었고, 따라서 세계를 구성하는 궁극적인 실재는 무수한 원자들이며, 반면에 엘레아 학파에게서 감히 생각될 수 없었던 비존재의 세계가 원자론자들에 의해 공간의 개념으로 확립되었다 하더라도 다양한 모양의 무수한 원자들과 빈 공간이 주어져 있다는 사실로부터 多의 세계가 산출되는 운동이 꼭 있어야 한다는 것은 따라나오지 않는다. 이것은 원자들이 빈 공간에 정지한 채 존재할 수도 있다는 뜻이다. 그러므로 다양한 것들이 산출되기 위해서는 원자들이 움직여야 할 것이다. 왜냐하면 운동은 물질 세계의 관계의 원리로서 관계가 없다면, 어떠한 변화도 생성 소멸도 불가능하기 때문이다. 多가 가능하기 위해서는 운동의 개념이 설명되어야 한다. 앞서 엠페도클레스는 운동인으로 사랑과 투쟁을 가정하였고 아낙사고라스는 정신을 가정하여 다양한 것들이 산출됨을 설명하였다. 그러나 원자론에 이르러서는 무수한 원자들이 빈 공간에 의해 각각 분리된 형태로 존재하므로, 엠페도클레스나 아낙사고라스에 있어서 처럼 분리시키고 결합시키고 할 무엇이 따로 필요 없었다. 따라서 레우키포스는 개별 원자들이 영원한 운동을 하고 있다고 말할 뿐, 왜 이 방향 저 방향에서 그것들이 시작도 끝도 없이 항상 움직이고 있는지, 즉 운동의 원인이 무엇인지를 말하지 않는다. 이것은 엘레아학파의 입장에서 존재가 왜 있느냐 하는 물음이 제기될 수 없듯이, 원인도 없는 운동이 왜 있어야 하는가 하는 물음도 성립될 수 없을만큼 원자들이 무한 공간에서 시작도 끝도 없이 움직이고 있다는 것은 자명하다는 뜻이다. 더 나아가 데모크리투스는 이 운동의 자명성을 강조하여 “모든 것은 필연성 때문에 일어난다”고 한다. 결국 레우키포스와 데모크리투스는 무한 공간에서 원자들이 필연적으로 혹은 자동적으로 시작도 끝도 없이 항상 움직이고 있기 때문에 그것들의 운동에 관하여 적극적으로 물을 필요가 없었다. 그러므로 원자들의 운동은 언제 어디서나 모든 방향에서 불규칙적이고 혼란된 것이고, 그리고 그것들은 자동적으로 항상 움직이고 있으므로 그것들간의 충돌은 당연히 성립되고, 따라서 충돌후 어떤 것들은 서로 결합하여 사물들을 형성하며 다른 것들은 되튀어 예정된 투시각에 따라 새로운 방향으로 날아간다. 더 나아가 무수한 원자들이 서로 충돌하고 되튀면서 끊임없이 혼란스럽게 움직이는데, 거기로부터 우연적으로 우주의 소용돌이(cosmic vortex)가 발생하여 세계가 창조되기도 한다. 다시 말하면 생성 변화의 원리인 운동의 시작도 멈춤도 없이 항상 있기 때문에 무수히 많은 원자들은 무한공간에서 기계적으로 서로 치고 받을 것이며, 한편으로는 충돌후 서로 뒤엉키어 사물들을 산출하고 다른 한편으로는 세계가 형성되는 소용돌이가 일어난다. 그럼에도 불구하고 다양한 것들이 창조 되거나 세계가 만들어 지거나 모두

창조된 결과들은 우연적이다. 다시 말하면 원자들의 운동 자체는 필연적으로 혹은 자동적으로 있다 하더라도 거기로부터 생성된 결과들은 모두 우연적이다. 그런데 이 우연의 원인은 알려질 수 없다.⁽⁴⁾ 즉, 창조와 파괴가 불가능하고 크기, 모양, 무게가 서로다른 무한소 원자들도 허공속의 운동에 의하여 소용돌이 치게되고 큰 원자를 중심으로 밀어 넣어 거기에서 지구를 형성하였다. 지구의 이러한 커다란 원자는 서로 얽혀 운동이 억제되어 다만 떨거나 동요할 수 있을 뿐이다. 물, 공기, 불과 같이 훨씬 작은 원자는 바깥쪽으로 밀려서 지구의 주변에 소용돌이를 만들었다. 지구 이외의 커다란 원자가 모여 축축한 덩어리가 되었는데, 그것들이 이 소용돌이를 통과하는 동안에 건조되어 불덩어리가 되었는데 이것들이 천체이다. 원자의 수와 원자가 운동하는 공간은 무한하므로 계속 생성되는 세계와 계속 소멸되는 세계등 수많은 세계가 생겼다는 것이다.⁽⁵⁾

이 진공의 학설에도 불구하고 데모크리투스의 이론이 단일 존재에 대한 파르메니데스의 이론에 근접하게 남아있다는 점을 주장할만한 정당한 이유들이 있다. 데모크리투스의 원자들이 이렇게 생각되었으므로 그것들의 차이점은 거의 있을 수 없다. 첫째로 질적인 차이점이 없다: 원자는 크기와 형태에 있어서만 다르다. 둘째로 후자의 차이는 연속성에 의해서 특정 지어진다: 특정의 형태와 크기가 없다. 모든 형태와 크기들이 존재하나, 그들은 한 줄로 이런 방식으로 놓일 수 있으며 연속적인 형태와 크기들 사이에 관찰할 수 있는 차이가 없다. 따라서 크기와 모양에 있어서의 차이조차도 왜 원자가 달라야 하는지에 대한 근본적인 설명을 제공해 준다고 보이지 않는다. 무한한 원자의 수를 받아들임으로써, 데모크리투스는 존재는 하나라는 원리를 가능하면 많이 존속시켰다. 진공을 받아들이는 면에서 데모크리투스의 눈에는 진공이 존재라기 보다는 비존재라는 강조를 했음에 틀림없다. 비록 이런 것을 받아 들임조차도 존재의 단일성과 심각하게 모순되는 것은 아니다.⁽⁶⁾

데모크리투스는 철저한 유물론자이었다: 그는 정신도 원자들로 구성되어져 있으며 생각은 물리적인 과정이었다.⁽⁷⁾

이러한 이론은 후에 루크레티우스에게 많은 영향을 미친 것으로 보인다.

2. 루크레티우스(Lucretius)의 原子論

에피쿠로스는 데모크리투스의 원자론을 답습하였다. 여러가지의 사물은 그 표면에서 나오는 像(eidola)이 있어서 감각은 그 發出된 像이 눈에 띠지 않을만큼 빠른 속도로 우리의 감각기관에 이르는 것에서 생기는 것으로 보았다. 이 像의 發出은 사물을 구성하는 원자에 유래한다고 보았다. 존재하는 것은 모두 원자와 원자가 운동하는

장소로서의 허공간의 둘 뿐인데 데모크리토스와 다른점은 그가 원자의 운동에 일종의 姿意의 성격을 인정하여 이 운동에 의하여 원자는 본래 직선운동에서 이탈하여 서로 충돌한다고 보았다. 루크레티우스(Lucretius BC 94-55)는 로마의 에피쿠로스 학파의 시인인데 옛날의 원자론의 철학내용을 보존했는데, 데모크리투스처럼 철저한 決定論이 아니며 원자의 운동에 어떤 종류의 자발성을 인정했다. 다음은 루크레티우스의 원자론을 再考하고자 한다.¹⁾

2. 1. 宇宙의窮極的인 두 原理

고대 자연 철학자들에게 있어서 절대적인 불변법칙—그것은 無로부터는 아무것도 나올 수 없고, 어떤 것도 無로 파괴되지 않는다는 것이다. 이것의 思想的인 背景은 직접 파르메니데스에게로 거슬러 올라갈 수 있는데, 그는 존재는 불생불멸하고, 영원하며, 완전하다고 주장하고, 그 영원성을 확신하기 위하여 존재는 과거에 있었거나 미래에 있을 것이 아니고 항상 존재한다고 한다.

여기로부터 데모크리투스는 원자의 불멸성과 영원성을 확신하기 위하여, “없는 것으로부터 아무 것도 나올 수 없고, 어떤 것도 없는 것으로 파괴될 수 없다.”고 주장한다.

이러한 사상을 이어받은 루크레티우스는 우주의 참된 본성을 파악하기 위해서, 이 불변 법칙을 탐구의 出發點으로 삼고 있다.

- 1) 無로부터는 아무 것도 나올 수 없다.
- 2) 무로부터 어떤 것도 나올 수 없고, 따라서 사물들의 총합에 아무것도 새롭게 참가되지 않는다면, 어떤 것도 無로 파괴되지 않는다는 것이 자명하게 따라나온다.

이로부터 모든 것의 총합은 어떤 방식에 의해서도 증가나 감소가 절대로 허용될 수 없으므로, 우주의 총합은 시작도 소멸도 없는 절대 불변적이고 영원하다는 것이 된다. 그러면 절대로 영원 불변한 우주의 총합은 어떤 형태로 존재하는가?

루크레티우스에 의하면 우주의 총합은 물체와 빈 공간의 형태로 존재한다. 만약 이 두 존재 이외에 제3의 다른 존재가 있다고 가정하면 그것은 自體로 어떤 것 입에 틀림없고, 따라서 그것은 아무리 작거나 가볍다 하더라도 접촉성이거나 비 접촉성이어야 할 것이다.

물질적인 것은 아무리 작거나 微細하다 하더라도 접촉성의 물질이 되고, 비 접촉성인 것은 아무리 모인다 하더라도 접촉 불가능한 허공이 될 뿐이다. 그러므로 전체로서 우주의 총합은 존재하는 것은 무엇이든 간에 이 둘중의 어느 한 형태로 존재하기

때문에, 결국 물질적인 원자들과 비 물질적인 공간으로 구성되어 있다.

그러므로 일어나는 모든 것, 혹은 이름을 가진 모든 것은 접촉성인 물체와 비접촉성인 공간의 우연적인 것에 불과하다. 이러한 의미에서 우주의 궁극적인 실재는 물체 즉 원자들과 그리고 그것들이 배치되고 여러방향으로 움직임을 가늠하게 해 주는 빈 공간 뿐이며, 이 두 실재 이외에 제3의 실재는 절대로 없다. 이것들이 루크레티우스에게 있어서 우주의 궁극적인 두 구성원리다.

2. 1. 1 原子

a) 原子의 性格과 그 構造

(원자의 성격)

물체는 어떻게 존재하는가? 그것은 두 형태로 존재한다. “하나는 어떠한 힘으로도 파괴할 수 없는 원자들이고, 다른 하나는 그것들로 이루어진 복합체들이다.” 그런데 이 복합체는 아무리 강하게 밀집하여 결합되어 있다 하더라도 그 내부에 빈 공간이 반드시 있다. 왜냐하면 빈 허공이 없다면 그것은 연속적으로 하나가 되어 결코 쪼개질 수 없으며, 따라서 생성 소멸은 불가능하기 때문이다. 그러므로 모든 복합체는 내부에 빈 공간을 갖고 있어서, 어떤 외부적 타격이나 내적인 힘이 개입되면 그 틈새에 따라 쪼개져서 본래의 원자들로 해체된다. 그럼에도 불구하고 그 복합체를 구성하는 원자들은 더 이상 쪼개지지 말아야 한다. 왜냐하면 그것들은 그 내부에 빈 허공을 전혀 갖지 않을 뿐만 아니라 더 나아가 불변법칙에 따라 결코 무로 파괴될 수 없는 세계의 궁극적인 구성 단위가 되어야 하기 때문이다. 이것은 엘레아학파의 존재의 세계로 돌아가서 그 개념의 성격을 갖는다. 그러므로 원자는 견고성, 영원성, 단순성이라는 특성을 갖는 데, 이것들은 논리적으로 분리될 수 없는 개념들이다.

(원자의 구조)

그러나 여기로부터 고대에서 근대에 이르기까지 철학자들을 커다란 어떤 어려움에 빠지게 하는 문제가 생긴다. 그것은 앞서 제논의 역리를 연상시키는 분할의 문제인데, 원자가 어떤 크기를 가지면서 왜 더 이상 분할되지 않는가 이다. 왜냐하면 수학적인 측면에서 연속적인 크기를 갖는 것은 무엇이든지 간에 계속 분할될 수 있기 때문이다.

이러한 무한 분할을 너무 의식한 나머지 레우키포스는 원자가 크기의 작음 때문에, 즉 분할될 부분을 갖지 않기 때문에 불가분적이라고 하였고, 반면에 데모크리투스는,

부분이 없는 원자는 모두 동일한 크기가 되어 질적으로 다양한 세계를 충분히 설명할 수 없다는 것을 감안하여, 원자는 내부에 빈 공간이 전혀 없으므로 불가분적이며, 불가입성이고 파르메니데스의 존재의 성격을 갖는다고 주장하였다. 이렇게 볼 때 크기를 갖는 무엇이든지 간에 무한히 분할되어야 한다는 수학의 공리와 세계를 구성하는데 크기를 갖는 궁극적인 실재가 주어져야 한다는 자연 철학의 공리가 대립되어 있음을 볼 수 있다. 이것을 루크레티우스가 논구하고 있는데, 이것은 원자의 성격을 보충 설명하는 것이기도 하다.

앞에서 시사되었듯이, 모든 물체는 복합체와 그것을 구성하는 원자들이다. 그런데 복합체는 내부에 공간적인 틈새가 반드시 포함되어 있으므로 충분히 강한 외부적인 타격이나 내적인 교란이 있게 되면 붕괴되어 본래의 원자들로 해체된다. 그럼에도 불구하고 이 원자들은 내부에 공간이 완전히 배제되어 있으므로 더 이상 쪼개질 수 없다. 왜냐하면 실제적인 분할은 공간에 의해 이루어지기 때문이다. 그러므로 원자는 완전히 충만되어 있으므로 실제로는 쪼개지지 않는다 하더라도, 일단 크기를 지녔기 때문에 사유에 의해 구분될 수 있는 이론적인 분할은 가능하다.

그러나 문제는 일단 크기를 갖는 원자가 이론적으로 무한히 분할될 수 있을까이다. 비록 원자가 크기를 지녔을 지라도 계속 구분해 보면 결국 더 이상 구분될 수 없는 궁극적인 한계점, 즉 한번 더 분할하면 아주 없어져 버리는 무와 물질 존재 간의 경계점에 이르게 되지 않을까? 왜냐하면 더 이상 구분될 수 없는 한계점은 이론적으로 두 쪽으로 분할될 부분이 없고, 따라서 한번 더 분할하려고 시도하면 물질의 존재성이 사라지게 되어 결국 무로 될 것이기 때문이다. 이러한 논의의 근거는 무엇인가? 즉 한번 더 분할하면 무에 도달하게 되는 데, 이 불가분적인 한계점이 물질의 존재성과 무와의 경계임을 어떻게 알 수 있는가?

감각을 넘어서 존재하는 원자들에 관하여, 루크레티우스는 “감각 대상에서 우리에게 최소한으로 보이는 극단적인 부분들이 있듯이, 우리의 감각이 구분할 수 있는 것들을 넘어서 항상 존재하는 저 원자들에게도 최소한의 것으로 생각될 수 있는 극단점이 있어야 한다. 그 끝은 확실히 부분이 없고, 가장 작은 본성으로 일정하게 주어져 있다”고 주장한다. 이것은, 시각상 가장 작은 극단점이 가시성과 불가시성 간의 접경이듯이, 정신 속에서 이론적인 극단이 무와 물질존재 간의 접경으로서 더 이상의 부분을 갖지 않는 끝점이 있다는 것을 의미한다. 그러므로 이론적으로 원자는 부분없는 극단들을 갖고 있고 이 불가분적인 극단점들은 원자의 크기를 결정하는 가장 작은 단위로서 이것들의 수가 많고 적음에 따라 다양한 크기의 원자들이 존재하게 된다.

그러면 다양한 크기의 원자들을 구성하는 이 극단적인 부분들은 왜 독립적으로 존재하지 못하고 꼭 원자들의 부분들로 존재해야 할까? 즉 이 부분들이 세계를 구성하

는 궁극적 실재로서의 원자들이라고 하면 되지 않을까? 이 물음에 관하여, 루크레티우스는 확실한 논리적인 대답을 못한다. 다만 그는 “그 자신(극단점)은 타자(원자)의 부분이고, 始原的인 그리고 유일한 것이기 때문에, 극단적인 부분들을 凝縮된 隊列로서 원자의 본성을 채운다”고 강력히 호소하고 있을 뿐이다.

지금까지 고찰한 것에 의하면, 원자의 존재론적 구조는 이것이 일단 어떤 크기를 갖기 때문에 단지 이론적으로 구분될 수 있다는 의미에서 부분들을 가지며, 반면에 그 부분들이 원자와 독립적으로 존재하지 못하고 연속적으로 꼭 차 있어서 실제로 쪼개질 수 없다는 의미에서 원자는 부분이 없다. 그러므로 원자는 내부에 완전히 동질적이고 파르메니데스의 존재의 성격을 갖지만 이론적으로 구분되는 극단적인 부분들의 수에 따라 다양한 크기의 원자가 있게 되며, 따라서 이 다양한 크기의 원자들로 부터 질적으로 잡다한 세계가 설명될 수 있게 된다.

b) 原子의 屬性과 多의 成立

(원자의 속성)

루크레티우스는 원자의 기본적인 속성으로서 크기, 모양, 무게를 들고 있다. 우선 원자의 크기에 관하여, 원자는 그 구조에 있어서 극단적인 부분들을 가져야 하고, 이것들의 수가 증가함에 따라 원자의 부피는 증가하고 따라서 원자의 모양은 더욱 더 다양해질 것은 자명하다.

원자의 모양은 다양하지만 결코 수적으로 무한하지 않음에도 불구하고 동일한 부피의 원자, 동일한 모양의 원자는 수적으로 유한한가 아니면 무한한가? 루크레티우스에 의하면 원자의 모양의 다양함은 수적으로 유한하지만 그러나 같은 모양의 원자수는 무한하다고 주장한다. 여기에 관한 논의는 「무한의 문제」에서 자세히 다루고 있다.

다음은 원자의 속성으로서 무게를 원자에 귀속시키느냐 그렇지 않느냐 이다. 즉 원자가 무게를 갖고 있는가 그렇지 않는가는 곧바로 운동의 문제와 직결되어 있어서 후대의 주석가들에게 꽤 논란되었던 것으로 보인다. 사실 무수한 원자들과 빈 공간이 주어져 있다는 사실로부터 그것들이 공간 속에서 꼭 움직여야 한다는 것은 따라나올 수 없다. 그럼에도 불구하고 레우키포스와 데모크리투스는, 원자에 무게를 귀속시키지 않고, 무게란 단지 필연적으로 혹은 자동적으로 끊임없이 움직이는 원자들에 의해 발생하는 우주의 소용돌이 속에서 원자의 크기로부터 나온 부가적인 것, 즉 소용돌이에 대한 물체의 저항이라고 생각했다. 다시 말하면 무게 때문에 원자들이 움직이는 것이 아니고, 시작도 끝도 없이 원자들이 영원히 자동으로 움직이는 데 거기로부터 형성된 복합체에서 무게가 파생된다고 주장하게 되었다.

그러나 아리스토텔레스가 레우키포스와 데모크리투스는 운동의 원인을 묻거나 설명하지도 않고 원자에 운동을 붙속 도입했다고 비난하듯이, 운동의 원인이 무엇인가 하는 물음은 그들에게 커다란 난관이었을 것이다. 그러나 에피쿠로스와 루크레티우스는 이 어려움을 해결함에 있어서, 물질적인 것도 그렇다고 비 물질적인 것도 아닌 운동의 개념을 무조건 받아들이기에는 불변법칙에 어긋나게 되므로 결국 운동의 원인을 빈 공간이나 원자에서 찾아야 하는 데, 빈 공간은 움직이는 것이 아니기 때문에 원자 자체로 돌아오게 되었다. 그런데 원자의 속성인 크기와 모양이 있다는 사실로부터 운동의 근거는 도출될 수 없기 때문에 원자의 속성에 무게의 개념을 포함시켜 원자가 무게 때문에 필연적으로 항상 하강한다고 쉽게 설명하였다.

(다의 성질)

모든 물체는 불가분적인 실재로서의 원자들과 그리고 그것들로 구성되는 복합체의 형태로 존재한다. 모든 복합체는 원자들로 이루어지며, 그리고 복합체들은 그것들이 어떻게 배열되고, 어떤 순서에서, 어떤 모양의 것들로 결합되는가에 따라 매우 다양한 성질들을 갖게 되며, 쉽게 변화되기 때문에, 복합체가 형성되었을 때 나타나는 다양한 성질들은 실재하는가 그렇지 않으면 감각의 환상에 지나지 않는가, 그리고 모든 복합체는 어떻게 생성 소멸하는가에 관하여 논의 되어야 한다.

원자의 속성은 변함없지만 복합체의 속성은 그것이 원자들로 구성된다는 의미에서 원자의 속성 이외에 별개의 속성을 필요로 하며 그것이 해체되면 그 별개의 속성은 없어지기 때문에 원자의 속성과 복합체의 속성은 다르다. 그러므로 모든 감각적인 성질들은 원자에 속하는 것이 아니라 복합체의 본질적 속성에 속하거나 우연적인 제2의 성질들이다. 다음은 이 복합체들이 어떻게 생성 소멸하는가?

복합체는 갑자기 이루어지는 것이 아니고 점진적인 과정을 거쳐야 한다. 먼저 만듦의 첫 단계에 많은 종자들이 있고 이것들이 끊임없이 운동 하므로 많은 방식에서 서로 치고 받으면서 우연히 엉키어 존재하게 되어 무생물과 살아있는 것들의 종의 시초가 된다. 여기에서 우연이란 말은 중요한 의미를 갖는다. 왜냐하면 운동 자체는 필연적으로 일어난다 하더라도, 그 결과로 산출된 것들은 모두 우연적이기 때문이다. 그러므로 최초로 종자들이 끊임없이 운동하다가 충돌시 우연히 결합하여 종의 시초를 이루고 계속하여 자신의 운동에 적합한 원자들을 받아들여 성장하게 되는데, 그러한 증거는 “우리들 시 자체속에 많은 글자들이 많은 말들에 공통적임을 보듯이” 많은 종자들이 결합하여 하나의 복합체가 이루어 진다는 것에 있다. 그럼에도 불구하고 다양한 종류의 것들이 결합하여 여러가지 복합체를 형성하지만, 결코 모든 종류의 결합이 가능한 것은 아니다. 왜냐하면 각각의 모든 것은 자신의 종에 따라 확고한 기원이

있고, 또한 종자가 충돌시 결합할 때 그들 자신의 운동에 적합하지 못한 것이거나 성장에 적합하지 못한 것은 되튀어 내보내기 때문이다.

그러므로 다양한 복합체들은 명확한 종에 따라 결합하며, 그것들이 형성되는 “간격, 통로, 결합, 무게, 충돌, 만남, 운동들이 다르다는 것은 필연적이지만”, 무한히 다양한 종의 복합체가 이루어지는 것은 아니다.

그러나 복합체가 일단 형성되면 그것은 영원히 정지 상태에 있지 않고 성장 소멸한다. 성장의 단계에서는 그 복합체가 다른 원자들을 방출하는 양보다 더 많은 양을 흡수하며, 성장의 정점에서는 방출량과 흡수량이 대등하게 되고, 다음에는 점진적인 쇠퇴의 과정을 거치게 된다. 그러므로 모든 복합체는 시작과 종말을 반드시 갖게 마련이다.

이런 과정은 세계의 역사에도 적용될 수 있다. 세계가 형성될 때는, 개별 복합체와 마찬가지로, 우연히 자발적인 힘에 의해 형성된다. 다시 말하면 “이 세계는 우연적으로 이루어져 있기 때문에, 사물들의 종자 자신은 우연의 힘에 의해 많은 방식에서 서로 치고 받으면서 마침내 목적없이, 헛되이, 이유없이 함께 엉키어져 존재한다. 그리고 그것들이 함께 던져져서 항상 커다란 것들의 시발점, 즉 땅, 바다, 하늘의 시초를 이루고 살아있는 것들의 종의 시초를 이룬다.” 이것은 전통적인 원자론의 우주관에 대해 나온 것인데, 이렇게 세계가 만들어지면 전체로서의 세계의 역사도 그 세계 내의 다른 복합체의 과정과 다르지 않다. 왜냐하면 무한 공간에 무한한 수의 원자들의 모든 방향에서 날고 있기 때문에, 이들 중 많은 것은 세계속으로 들어오고, 따라서 그것들은 적당한 것들과 결합하여 세계는 성숙되며, 다음에 완전한 성숙에 이른 후 세계는 쇠퇴하게 되고, 결국 외부의 적당한 타격을 만나게 되면 세계는 파괴되어 본래의 원자들로 분산된다. 이렇게 분산된 원자들은 무한 공간에서 떠돌다가 다시 우연적으로 새로운 세계를 형성하는 곳으로 간다.

2. 1. 2 空間

a) 空間의 概念

파르메니데스와 멜리수스는 공간의 개념을 비존재로 생각하여 비교될 수도 언급될 수도 없는 無로 취급하였고, 반면에 레우키포스는 운동과 多를 구제하기 위한 필요조건, 즉 텅빈 허공에 어떤 성격의 존재를 인정하지 않으면 다와 운동을 부정한 엘리아학파의 역리를 해결할 방도가 없기 때문에, 아리스토텔레스가 전하듯이, 비존재도 존재 못지않게 존재한다고 역설적으로 주장하게 되었다. 이 비존재는 당연히 내용적으

로는 텅 빈 공간을 의미하는 것이지 엘리야학파의 무를 의미하는 것은 결코 아니다. 그러나 루크레티우스는 우주의 궁극적인 실재를 규정함에 있어서 공간의 개념을 어떠한 방법에 의해서도 접촉 불가능한 존재, 즉 비접촉성이라는 본질적 속성을 갖는 것으로 여긴다. 이것은 만약 공간의 속성이 파괴된다면 즉시 접촉성의 어떤 것이 되어 버리고, 따라서 방해할 수 있는 물질적인 것이 된다는 의미다. 그러므로 공간은 어떠한 방식에 의해서도 “사물들에게 저항할 수 없으며, 오히려 그것은 본성상 계속 허용하기만 하면 된다.” 이 규정은 공간을 물질적인 모든 속성이 완전히 배제된 어떤 것으로서 초기 원자론들의 공간의 개념에 관한 구체적인 답안을 제시해 준 셈이다.

그러면 전혀 감각할 수도 그렇다고 접촉할 수도 없는 공간의 존재를 어떻게 알수 있을까? 이 물음에 관하여 루크레티우스는 두 사실로부터 공간의 존재를 추론하고 있다:

1) 다양한 것들이 움직이면서 끊임없이 변화됨을 볼 수 있는 데 그러한 운동이 가능하기 위해서는 빈 공간이 전제 되어야 한다.

2) 모든 물체는 원자의 형태나 원자들로 구성되는 복합체의 형태로 존재하는 데 그것이 해체되어 본래의 원자들로 되기 위해서는 그것의 내부에 공간적인 간극이 반드시 있어야 한다. 왜냐하면 복합체가 해체될 때 그러한 틈새가 없다면, 그것은 결코 분리될 수 없게 되고, 따라서 생성 소멸은 불가능하게 되기 때문이다. 그러므로 빈공간은 반드시 있어야 한다.

그리고 운동의 연속성이 확보되기 위해서는 공간이 연속적이라는 것이 논의되어야 한다. 이것은 공간의 존재론적 성격에 관한 것으로서 공간의 연속성과 무한성의 문제가 직결되어 있다.

루크레티우스는 공간의 개념을 장소, 공간과 허공으로 쪼개서 쓰고 있다. 그러나 이 개념들의 의미는 대체로 두가지로 나타난다: 1)“허공”에 관하여, 이것은 좁은 의미에서와 넓은 의미에서의 공간으로 쓰인다. 전자의 경우에 있어서는 원자와 전자가 상호 배타적이라고 말해질 수 있었던 것처럼 모든 물체의 속성이 완전히 배제된 텅 빈 허공의 의미로 쓰여지고 있다. 그러나 후자에 있어서는 앞서 논구되었듯이, 물체가 전혀 없다면 우주는 텅 빈 공간만이 존재해야 되는 것 처럼 무한 공간을 예상하고 있다. 2)“장소와 공간”에 관하여, 이것은 물체가 공간속에서, 움직일수 있고 그리고 그 공간을 점유한다는 의미로 쓰여지고 있다. 이것은 공간이 점유된 공간(장소)과 점유되지 않은 공간으로 이루어져 있음을 의미하며 따라서 끊임없이 연장적임을 함축하고 있고 결국 우주와 같음을 의미한다. 그러므로 원자는 언제 어디서나 항상 움직이고 있고 잠시도 정지해 있지 않으므로 충만된 원자에 의해 점유된 공간(장소)은 순간적이라는 것을 감안해 볼때 점유된 공간과 점유되지 않은 공간을 결합시켜 본다면 내용상으로는 무조건 허용만 하는 비접촉성의 공간임을 알수 있다.

그러므로 충만된 원자와 공간이 서로 배타적이며 불연속적이라는 의미는 사라지게 되며 따라서 공간은 연속적인 것으로서 운동의 연속성은 확보될수 있게 된다. 이것은 공간이 완전히 동질적임을 직접적으로 함축한다. 공간의 동질성은 그것의 본성이 어떠한 방식에 의해서도 방해될수 없는 비접촉성의 존재, 물질적인 모든 속성이 완전히 배제된 무조건 허용만하는 논의속에 이미 함축되어 있다. 따라서 점유된 공간과 점유되지 않은 공간의 개념을 결합시킨 상태에서의 공간은 본성상 비접촉성으로서 완전히 동질적이며 거기로부터 공간의 연속성과 무한성은 계속 따라나온다. 본성상 비접촉성의 공간이 동질적이고 따라서 연속적이며 무한하다는 것은 고대 유클리드(Euclid)의 공준에 이미 시사 되어 있다.

b). 無限의 問題

지금까지우주의 궁극적인 두 구성원리 즉 원자와 공간을 각각 분리해서 고찰하였다. 앞으로 원자는 數的으로 공간은 범위에 있어서 有限한지 아니면 無限한지 논구되어야 할 것이다. 그러나 이 문제를 논의하기에 앞서 원자와 공간은 우주의 총합을 구성하고 있기 때문에 그것이 유한한지를 먼저 탐구해야 할 것이다. 그러나 이 총합 자체가 전체로서 주어져 있다는 의미에서 우주가 유한함을 함축하고 있지 않을까 하는 의혹이 생기겠지만 루크레티우스는 그것을 적극적인 의미로서가 아니라 소극적인 의미로 사용하고 있음을 알아야 한다. 그러므로 총합으로서의 우주가 무한한지 그렇지 않은지의 물음이 성립될 것이며 거기에따라 원자는 수에 있어서 공간은 범위에 있어서 무한한지 그렇지 않은지가 결정될 것이다.

우주가 무한한가 그렇지 않은가에 관하여 루크레티우스는 우주가 무한하다는 것을 논한다. 다음으로 논의 되어야 할 문제는 원자는 수적으로 공간은 범위에 있어서 무한한지 그렇지 않은지 인데, 우주가 무한하다는 전제하에서는 원자는 수적으로 무한해야 하고 공간은 범위에 있어서 무한해야 한다는 결론을 얻을 수 있다.

더 나아가 우주가 무한하고 따라서 원자는 수적으로 무한하고 공간은 범위에 있어서 무한하다면 이 광활한 우주에 우리의 세계와 같은 혹은 다른 세계들이 존립하는가? 여기에 관하여 루크레티우스는 무한세계들이 있어야 한다는 것을 논의한다. 즉, 무한한 우주에는 세계와 같은 혹은 다른 세계들이 존재한다는 것은 필연적이며 그리고 거기에서도 다양한 인간들의 種과 살아있는 동물들의 세대가 존재한다는 것이다.

2. 2 生成變化理論으로서 原子의 運動

古代 自然 哲學者들에게 physis에 관하여 究明되어야 할 문제는 궁극적 실체로부터 多가 어떻게 성립하는가 였다. 우선 세계를 구성하는 궁극적 실체가 명확하게 확보되어야 했고, 다음으로 거기로부터 끊임없이 생성 변화하는 多의 세계가 보다 더 합리적이고 체계적인 방법으로 설명되는 것이 중요한 關鍵이었다. 그러나 앞에서 논의되었듯이, 상당히 다양하고 많은 원자들과 빈 공간이 주어져 있다는 것으로부터 그것들이 꼭 움직여야 한다는 것은 결코 도출될 수 없고, 그렇게 되면 多의 세계는 설명될 수 없게된다. 그러므로 다양한 것들이 설명될 수 있기 위해서는 운동의 개념이 요구된다. 왜냐하면 운동은 물체들 간의 관계를 맺어주는 관계의 원리로서, 거기로부터 多가 성립될 수 있기 때문이다.

2. 2. 1. 原子의 運動 性格

원자들이 왜 움직여야만 하는가? 즉 원자가 움직이는 원인이 무엇인가? 이 물음은 레우키포스와 데모크리투스에게 치명적인 것이다. 왜냐하면 그들은 원자들이 시작도 끝도 없이 자동적으로 혹은 기계적으로 움직인다고 주장하기 때문이다. 반면에 루크레티우스는, 앞서 논의되었듯이, 원자에 무게를 一次的 屬性으로 귀속시켜 무게 때문에 원자는 항상 움직인다고 주장한다. 이것이 전통적인 운동의 문제를 쉽게 해결했던 점이다.

그러므로 모든 원자들을 자신에게 귀속된 무게 때문에 항상 움직이는데, 그것들은 어떻게 움직이는가? 이것은 앞서 밝혔듯이, 원자들은 빈 공간을 통하여 아래로 움직인다고 한다. 그러나 이 下降이 문제다.

루크레티우스에 따르면 “우주는 무한하기 때문에 중심이 있을 수 없다”고 한다. 그렇다면 그가 생각한 下降의 개념은 절대적인 것으로 생각한 것이 아니라 상대적인 것으로 쓰고 있음을 추론할 수 있다. 이 근거는 “최초로 우리들에게 어디에서나 모든 방향으로 그리고 우주를 통해 상, 하, 좌, 우에 어떠한 한계도 없다”는 논의에서 찾아볼 수 있다. 그러므로 우리가 서 있는 지구를 중심으로 모든 방향으로 무한 연장을 믿음으로서, 그는 우주가 어떠한 한계도 없다고 하였기 때문에, 무한 공간상에 지구를 상대적인 점으로 생각하여 우리가 서 있는 머리쪽은 上向으로 생각하였음을 알 수 있다. 이렇게 볼 때 地球를 중심으로 上, 下의 方向은 尙當化 되고, 원자가 자신의 무게 때문에 항상 하강하는 데, 이것들은 “마치 빗방울처럼 심오한 공간을 통하여 수직으로 하강할 것이다.” 그러나 모든 원자들이 그렇다면, 多의 세계가 창조되는 원자들

간의 충돌은 어떻게 가능한가? 우리가 감각세계에서 보는 것처럼 원자들의 세계에서 더 무거운 것은 더 빨리 하강하고 더 가벼운 것은 더 느리게 하강하여 후자의 것이 전자의 것과 만나는 것인가? 여기에 관하여 루크레티우스는 감각적 현상의 유추를 단호히 거부한다. 왜냐하면 감각에 들어오는 복합체의 세계와 사유에 의해 파악된 원자의 세계는 서로 다르기 때문이다. 그러므로 그에 의하면 사유 속에서 이론적으로 파악된 원자의 운동속도는 생각할 수 없을 만큼 굉장히 빠르다. 예를 들어 감각세계에서 태양광선이 믿을 수 없을 만큼 빠른 속도로 움직이지만, 그것은 복합체라는 사실을 감안하여 볼 때, "그것들은 즉시 내부에서 방해 받고 밖으로부터 저지 받아서 더 천천히 움직여야 된다. 그러나 단순하고 견고한 원자들은 빈 공간을 통해 지나갈 때, 밖으로부터 어떤 것도 그 운동을 결코 방해하지 않고, 그리고 자신의 부분들로 이루어진 그 자체는 갈려고 했던 곳으로 이동될 때 확실히 굉장한 속도로 움직인다. "다시 말하면, 빈 공간은 본성상 어떤 방해도 할 수 없고 무조건 허용한 하므로, 원자가 빈 공간을 달릴 때, 외적으로는 그것이 어떤 방해도 받지 않고 내적으로는 그 자체가 충만되어 있어서 또한 아무런 방해도 받지 않는다. 그러므로 원자가 무겁거나 가볍거나 그것들은 "서로 다른 무게를 갖고서도 빈 공간을 통하여 같은 속도로 움직인다." 이것은 모든 원자들이 무게와 관계없이 상당히 빠른 동일한 속도로 수직 하강하는 것이다. 그러므로 모든 원자들은 마치 빗방울처럼 수직으로 원자적인 속도를 유지한 채 하강하기 때문에, 원자들 간의 만남은 발생할 수 없고, 따라서 생성 변화하는 다의 세계는 결코 확보될 수 없다. 이러한 논의로 본다면, 수직 하강 운동은 루크레티우스가 운동의 원인의 문제를 해결하기 위해서 필요했던 이론적인 운동의 원리를 추론할 수 있다.

그러므로 원자들 간의 충돌이 가능하기 위하여 그는 다른 운동의 방식을 도입하여야 했다. 이것은 傾斜運動인데, 그것은 다양한 것들의 창조의 원인으로서는 원리들 간의 충돌을 가능하게 하며, 인간의 자유의지를 설명해 주고 있다.

2. 2. 2 傾斜 運動

그러면 다양한 것들이 산출될 수 있도록 하는 원자들 간의 충돌의 원인은 무엇인가?

이 문제에 관하여 루크레티우스는 나름대로 독특한 해결책을 갖고 있었다. 그것은 원자의 경사인데, 그것의 개념 정의는 아주 간단하다. "원자가 자신에게 귀속된 무게 때문에 빈 공간을 통하여 수직으로 하강할 때, 거의 不確實한 時間에 不確實한 空間에서, 당신이 마치 방향의 변화라고 말할 수 있을 만큼, 원자는 그 자신의 軌道로부

터 약간 離脫한다.” 다시 말하면 빈 공간에서 그 원인이 알려지지 않은 채 자신의 운동 궤도를 이탈하게 되고, 따라서 무수히 쏟아지는 다른 원자들과 충돌하게 되며, 그 충돌이 일어나는 순간 타격의 결과로 두 원자가 새로운 방향으로 날아가 또 다른 것들과 충돌하게 되어 그것들은 모든 방향에서 운동이 가능하게 된다. 그러므로 경사운동은, 비록 그 원인이 알려질 수 없지만, 원자들 간의 최초의 충돌의 원인이 되고, 그 충돌은 원자들의 만남을 가능하게 하므로 곧 다양한 것들이 산출될 수 있는 것이다.

경사운동의 원인은 알려질 수 없다는 것은 앞서 논의된 불변 법칙에 위배된다 하더라도, 원인을 내부에 갖고 있어야 하는 인간의 자유의지를 설명해 줄 수 있고, 생성 변화하는 다양한 것들을 창조하는 원자들 간의 충돌의 원인이 된다. 즉, 미세한 것들로 부터 시작해서 복잡한 것들에 이르기까지 모든 복합체는 원자들의 기계적인 운동에 의해 산출되지만 그 결과는 우연적이다. 다시 말하면, 이 세계는 우연적으로 있기 때문에, 사물들의 종자 자신은 우연히 자발적으로 많은 방식에서 치고 받으면서 마침내 목적없이, 헛되이, 이유없이 함께 엉켜서 존재하게 된다. 이렇게 우연적으로 이루어진 것은 정해지지 않은 시간에 정해지지 않은 곳에서 발생하는 예측 불가능한 사태로서 원인을 알 수 없는 경사운동에 기인한다.

이렇듯 경사운동은 원인이 알려질 수 없는 우연적인 것으로서 인간에게는 의지 자유를 설명해 주는 의식성의 자발적인 행위로 나타나고, 다양한 것들을 산출하는 원자들간의 충돌의 원인이 되므로 따라서 이 세계의 것들이 우연적으로 이루어진 결과로 나타난다.

2. 2. 3 複合體 내에서의 原子의 運動

지금까지 논의된 것에 따르면 루크레티우스가 생각한 운동 방식은 세가지로 요약될 수 있다: 1) 이론적인 운동의 원리로서 무게 때문에 원자들은 항상 수직 하강하며, 2) 다양한 것들이 산출될 수 있도록 하는 원자들간의 무수한 충돌운동이고, 3) 충돌을 야기하는 경사운동이다. 그럼에도 불구하고 그것들의 운동의 속도에 있어서 2)와 3)은 1)에서와 마찬가지로 원자적인 속도를 유지한다. 왜냐하면 원자들의 경사운동이나 충돌 후 예상될 투사각에 따라 방향이 전환되어 날아가는 것들은, 텅 빈 공간에서는 어떠한 방식에 의해서도 방해 받지 않으므로, 그 속도에 있어서 멈추거나 느려질 수 없기 때문이다.

그러므로 무한 공간에서 무한 수의 원자들은 항상 원자적인 속도를 유지한 채 모든 방향에서 서로 치고 받으면서 움직이는 데, 그중에서 어떤 것들은 짧은 간격으로

되튀어 밀접한 결합으로 이루어진 것에 들어가 쇠나 바위와 같은 단단한 물체를 구성하고, 또 어떤 것들은 긴 간격으로 되튀어, 긴 간격에서 궤도를 돌고있는 공기와 같은 느슨한 복합체를 구성하며, 그리고 여타의 것들은 충돌시에 그것들 자신의 운동이 복합체 자체의 운동과 조화될 수 없어서 무한 공간에서 원자적 속도로 떠돈다.

그러나 원자들이 충돌 후 짧은 간격으로 되튀거나 긴 간격으로 되튀든지 간에 일단 복합체에 갇힌 원자들의 운동은 어떨까? 즉 정지해 있는 것처럼 보이는 복합체에서 그것들의 운동은 어떠한가? 지금까지 논의된 것에 의하면 의문의 여지없이 그것들이 복합체 내에서도 원자적인 속도로 움직여야 한다는 것이 즉시 추론된다. 다만 다른 점은 직선운동을 하던 원자가 복합체에 들어갔을 때, 새로운 운동 형태인 진동으로 바뀐다는 점이다. 왜냐하면 원자들이 결합하여 별개의 본성을 갖춘 복합체를 형성하였으므로 직선운동은 진동이라는 새로운 모습으로 나타나기 때문이다. 그러므로 단단하게 결합된 복합체와 느슨하게 결합된 것들 가운데서 개별 원자들의 운동의 차이란 후자보다 전자에 있어서 그 운동궤도가 더 짧다는 것 뿐이다.

그럼에도 불구하고 항상 원자적인 속도로 움직이는 원자가 복합체를 구성했을 때, 그 복합체가 정지해 있는 것처럼 보이는 이유는 복합체 내부에서 끊임없이 진동하는 원자들의 충돌에 밀접히 관련이 있다. 다시 말하면 복합체 내부에는 허공이 반드시 내재되어 있어서 거기에서도 원자들이 끊임없이 서로 충돌하므로, 이러한 내적 충돌에 의한 저지의 증가로 원자들의 운동에 되는 데, 거기에서 내적 충돌의 양이 평형상태를 유지할 때 그 복합체는 정지해 있는 것처럼 보인다. 이렇게 볼 때 아무리 빨리 움직이는 복합체라도 일단 복합체라는 점에서 내적 충돌에 의한 방해가 있게 되고, 그리고 그것의 빈 공간을 통해서 움직이는 것이 아니라 공기의 파동을 쪼개는 동안 외적인 방해를 받아서 개별 원자들 보다 훨씬 더 느린 속도로 움직이는 것이다. 그러므로 동일한 물체에서 외적 저항이 같음에도 불구하고 더 빨리 움직이는 것을 볼 수 있는 데, 이것은 그 내부에서 움직이는 원자들간의 내적 충돌이 결정적인 관건이다.

IV. 極微實在論

앞서 보았듯이 四大가 모여 極微를 形成하고 있다. 흙, 바람, 물, 불 모두가 하나의 극미속에 포함되어져 있다. 그나마 극미는 물질적인 것이라 하겠지만 四大는 에너지와 같은 것인지도 모른다. 그러나 흙, 물, 불, 바람은 어떠한 극미중에서도 포함되어 있기는 하지만 균등하게는 그 결과를 나타내지 않는다. 따라서 극미에도 종류가 있게 된다. 四大는 우리 눈 앞에 있으며 눈에는 보이지 않으나 공간을 차지한다. 이 四大가 극미를 구성하고 그 극미가 많이 모이는데 따라 비로소 우리들이 보는 것, 느끼는

것등의 여러가지 사물이 생기는 것이다. 이렇게하여 생긴 여러가지 사물에는 단단한 것, 연한 것, 축축한 것, 따뜻한 것이라고 하는 여러가지가 있다. 그것은 그것에 그와 같은 성질을 갖는 극미가 특히 많이 포함되어져 있기 때문이라는 설과 이와는 다른 설등이 있다. 여기에서는 극미에서부터 물체가 어떻게 이루어지는지 고찰해 본다.⁴⁾

1. 極微의 特性과 物質

1. 1. 極微의 特性

물질의 정의에 ‘色’(無表色을 제외)은 많은 ‘극미’의 집합으로 성립된 것이다. 여기서 극미의 원어는 파라마아누(paramānu)이다. 아누(anu)는 ‘미립자’, 파라마(paramā)는 ‘최고의’의 ‘극한의’라는 의미이므로 파라마아누는 문자 그대로는 ‘극한의 미립자’라는 뜻이다. 이는 물질적 존재를 차례로 분할하였을 때, 그 극한에 있어 ‘더 이상 분할되지 않는’ 정도의 크기라고 정의된다. 그런데 이 작은 물질은 더 이상 자를 수도 없고 파괴할 수도 없으며, 뚫을 수도 없으며 또 취하거나 버릴 수도 없고, 밟지도 못하며 박제할 수도 없다. 그리고 극미는 길지도 않고 짧지도 않으며, 모나지도 않고 둥글지도 않으며, 바르거나 바르지 않는 것도 아니고, 높거나 낮지도 않으며, 더 이상 미세하게 분리할 수도 없으며 냄새를 맡아 볼 수도 없다. 그리고 說一體有部에서는 반드시 외로이 있는 극미는 없다고 말하고 있다. 만일 있다고 하더라도 작용을 하지 않는 까닭이다.

극미는 미립자이지만 입체적으로 이를 둘러싼 면을 갖지 않는다고 한다. 만약 면을 갖는다면 이를 더욱 분할할 수 있으며, 그렇게 된다면 이는 정의에 어긋나기 때문이다. 그를 둘러싼 면을 갖지 않는 미립자—이는 수학에서 말하는 점 개념에 가까운 것이라고도 할 수 있을 것이다. 즉, 극미는 물질의 공간적 연장을 극한적으로 분석한 것으로 그 자체로는 부분을 갖지 않는다. 즉, 공간적인 연장을 갖지 않는다. 그러나 그 집합은 공간적 연장을 가지며, 구체적인 물질을 형성한다. 얼핏보면 연속적인 길이를 가지고 있으며 어떠한 범위의 공간(달마 이론에 따르면 공간은 무위의 달마의 하나이다)을 점유하고 있는 듯이 보이는 어떠한 물질도, 실은 미세하고 순간적으로 생멸하는 무수한 극미의 집합으로 이루어져 있는 것이다. 물질은 항상 ‘많은 극미가 집합된 것’으로 인식된다. 그럼으로써 비로소 물질적인 존재로서의 인식이 가능하다. 無表色을 제외한 모든 ‘色’은 이러한 무수한 극미가 집합된 것에 다름 아니라고 함으로써, ‘色’의 공간 점유성 즉, 물질의 양적인 표현은 잘 표현된다. 그러나 이로써는 물질의 질적인 형식은 전혀 나타나지 않는다.

때로는 극미 자체에 그러한 질적인 형식을 규정하는 힘이 있음을 인정하는 경우도 있으나, 이는 극미설이 본래의 영역을 넘어 이와의 입장을 달리하는 四大과 결합된 결과이다. 예컨대 어떤 것이 견고함은 그 중에 ‘땅’이라는 원소의 원자의 세력이 강하기 때문으로 네 개의 원소 각각의 수에는 차이가 없다는 주장과, 견고함은 ‘땅’이라는 원소의 원자의 수가 많기 때문이라는 주장이 대립하고 있는데, 전자는 四大의 극미에 질적인 차이를 인정하고 이 차이로써 ‘4원소에 의해 존재하는’ 물질의 질적인 차이를 설명코자하는 것이며, 후자는 물질의 질적 차이는 四大의 극미의 양적인 차이에서 유래한다고 생각하는 것이다. 설일체유부의 정통파는 전자의 설을 채용한다. 또한 긴 꼴의 물체가 있을 수 있는 것은 그 주에 ‘김(長)’이라는 모양의 원자가 있기 때문인 것으로 주장된다. 이 경우 물체의 형상은 원자의 배열방법에 따라 결정된다고 생각해야 하므로 ‘김’이라는 원자는 스스로 긴 꼴로 배열됨과 동시에 동일한 물체 안에 있는 다른 종류의 원자도 모두 긴 꼴로 배열되도록 규제하는 힘을 갖고 있다고 생각된다.”⁴⁾

1. 2. 極微의 集合과 物質

극미 한 개를 중심으로 그 전, 후, 좌, 우, 상, 하에 각각 하나의 ‘극미’가 결합되어 7개의 극미가 집합된 것이 제2의 단위인 아누 즉, 하나의 미립자를 이룬다. 이와 같이 7개의 극미가 모여 하나의 미립자를 형성할 때 하나하나의 극미는 상호 다른 극미와 접촉하는가 그렇지 않은가 문제이다. 하나의 극미가 다른 극미와 접촉하는 경우에는 그 일부가 접촉하든가 전부가 접촉하든가이다. 전부가 접촉한다면 이들 두 개의 극미는 완전히 중복되어 버리며 일부가 접촉한다면 극미가 부분을 갖는 것이 되며 분할되지 않아야 할 극미가 더욱 분할하게 되어 원래의 정의에 어긋난다. 결국 극미는 어떠한 접촉도 없다고 하는 것이 올바른 것으로 안정되어 있다.

제2의 단위인 미립자(極塵)가 앞서와 같이 7개 모여 제3의 단위 ‘금속의 입자(金塵)’ 하나를 이루며, 이것이 다시 7개 모여 제4의 단위 ‘물의 입자(水塵)’, 하나를 형성한다. 동일한 방식으로 한 제5의 단위는 ‘토끼의 털 끝 정도의 입자(毛塵)’, 제6의 단위는 ‘양의 털 끝 정도의 입자(羊毛塵)’, 제7의 단위는 소의 털 끝 정도의 입자(牛毛塵)’, 제8의 단위는 ‘틈을 통해서 비쳐 들어오는 광선 중에 떠 있는 것이 보이는 실 내 먼지 정도의 입자(隙遊塵)’, 제9의 단위는 ‘서캐 즉, 이의 알 정도의 입자’, 제10의 단위는 ‘이(蟲)’이다. 이 ‘이’가 7마리 모여 제11의 단위인 ‘여물지 않은 생태의 벼나 보리의 크기’ 하나를 형성한다. 따라서 하나의 법씨는 282,475,249 개의 극미가 집합된 것이다. 그러나 이 극미는 유위의 달마로서 전혀 시간적 지속성을 갖지 못하며, 다만 순간적으로 생멸한다.

이와 같이 모든 물질은 인연의 모임으로 인하여 성립된 것임을 알 수 있다.”

2. 時間의 分析

시간을 분석하여 刹那에 이르면 이를 시간의 극소라하는데 어른이 손가락 한번 빨리 튕기는 사이를 65찰나라고 하고 있음에 비추어 극미와 관련시켜 刹那라는 시간을 설명하고 있다. 즉, 극소의 물질인 극미에 의하여 극단의 시간인 찰나가 정해진다고 봄으로써 色과 時間은 나눌 수 없는 것으로 생각한다. 이는 상대성이론의 4차원 시공 이론에 비추어 보아서 현대 물리학적으로 보아도 그리 틀린 견해는 아니라고 볼 수 있다. 또한, 世友(Vasumitra) 尊者의 말에 따르면, 有爲의 諸法은 本體와 作用이 있어서 本體는 恒常 存在하지마는 作用에는 生滅이 있으므로 三世를 區分하게 되는 것이라 한다. 作用이 일어나지 않고 홀로 本體만이 있는 位(未作用位)를 未來라고 하고 因緣이 이미 흩어지고 作用이 사라진 位(已作用位)를 過去라고 한다.⁴⁾

3. 自性和 業力

설일체유부는, 原始佛敎에서 經驗的 認識을 바탕으로 諸法의 無常性을 이야기 한 것과는 달리 存在의 變化課程의 理論的으로 엄격히 分析한 刹那生滅을 認定하게 되었으며, 空間的으로는 極微論을 認定하게 되었는 바, 이는 “法이 時空內 에서의 한 点이다”라는 見解를 받아들였을 때에 도달된 理論的 結論이다.⁵⁾

有部는 비록 因·緣·果의 方式으로 諸法의 變化를 說明하고 있지만, 存在的 關係의 機能性이 없는 刹那論의 입장에서는 前法과 後法 사이에 因果的 關係를 생각할 수 없으므로 그러한 難點을 解決하기 위해서는 前刹那時의 法과 後刹那時의 法을 連結시켜주는 그 무엇을 想定해야만 하는데, 有部는 自性 概念의 導入으로 그 問題에 答하고 있다고 볼 수 있다. 自性은 “獨自의 性質” 또는 “實體”의 意味로서 刹那生滅하는 현상의 배후에 存在하는 不變의 實體를 일컫는데, 前刹那의 法(因)과 後刹那의 法(果)은 이 自性에 의해 必然的인 相互關係性을 가지게 된다. 自性 또는 實體의 概念은 불연속적인 刹那法의 認定으로부터 派生된 連續되는 存在間의 關係문제, 卽 因果의 成立可能性의 問題를 說明하기 위하여 導入되었다고 할 수 있지만, 이에 의해 有部의 敎學은 諸法을 相反된 두 樣相, 곧 刹那的 측면과 恒存的 측면으로 나누는 二元論으로 歸結되고 있음을 볼 수 있다. 그런데, 有爲法은 生滅變遷하여 無常한 것이다. 法이 생길 때는 반드시 因緣을 기다리나 사라질 때는 그렇지 않는데 이는 法體가 本來 사라져 없어지는 性質이 있으므로 절로 사라지기 때문이다.

이와 같이 宇宙萬有의 一切諸法이나 佛陀의 教設教法을 대상하여 細密하게 研究分析하고 分類 整理했던 일들은 Abhidharma가 一切諸法을 客觀적으로 처리하는 純學問的 科學的態度에 立脚하여 전개되고 있음을 말한다. 有部の 哲學者들은 法은 存在의 基本的 要素로 보는 觀點이 점점 徹底해짐에 따라서 法을 實體視하게 되었다. 有部가 法에 관하여 이러한 實存論的 見解를 取하게 된 主要 理由는 무엇보다도 우리가 行한; 行爲(業)의 效力과 作用을 說明하기 위한 것이었다. 만약에 過去에 지은 業이 지속적인 힘으로 남아 있지 않고 다만 瞬間的인 것 뿐이라면 現在나 未來에 있어서 그 結果가 나타날 根據가 없어지는 것이며 이것은 業의 法則을 否定하는 셈이나 마찬가지인 것이다. 따라서 有部는 業力의 所在로서 三世를 통한 法의 實有를 想定하는 것이다.¹⁰

V 素粒子論

영국의 화학자 달론이 실험의 기초자료로서 원자의 가설을 발표한 것이 1804년이었고, 아보가드로는 이를 수정하여 분자론을 발표하였다. 그러나 원자도 근원 물질이 아님이 밝혀졌다. 영국의 J.J.Thomson 이 원자 모형을 고안했고, N. Bohr는 가장 이상적인 원자 모형을 만들었다. 이 보어의 원자모형은 원자의 중심에 1911년에 라더포드가 발견한 원자핵이 있고 그 주위에 몇 개의 전자가 운동하고 있는 형태이다. 처음에는 핵의 전자를 태양계의 행성처럼 생각했으나 차차 구름모양으로 생각하게 되었다. 라더포드의 발견이래 원자핵의 내부 사정도 잘 알게 되었다.

原子核일 발견되자 곧 여러 사람들은 이번에는 원자핵이 어떤구조를 갖는가를 찾아내려고 애썼다. 그러던 중 1932년에 채드윅(J. Chadwick, 1892-)은 중성자라는 전연 새로운 입자를 발견했다. 이 입자는 전기적으로 중성이고 질량은 양성자와 거의 같았다. 그러나 하이젠베르크는 이 중성자야말로 양성자와 더불어 원자핵을 구성하는 구성요소(核子)라고 주장했다. 즉 그에 의하면 원자핵은 Z(원자 번호)개의 양성자와 (A-Z)개의 중성자(A는 질량수)로 구성되어 있다는 것이다. 이러한 원자핵은 안정하지 못하고 불안정하며 α, β 붕괴를 하여 보다 안정된 원자핵으로 변한다는 사실이 알려졌다. 즉, 원자도 파괴된다.

이것으로서 물질의 구성요소는 다 밝혀진 셈이다. 우주는 물질과 輻射로 되어 있고 그 물질은 분자로, 분자는 원자로, 원자는 원자핵과 전자로, 원자핵은 양성자와 중성자로 각각 구성되어 이론적으로 질서 정연한 계층 순서가 성립하고 있다.

고대 그리스의 엠페도클레스는 흙(고체), 물(액체), 공기(기체), 불(輻射)이 물질의 기본입자라고 하는 소위 물질 4원소론을 제창한 바 있었는데 이와는 내용은 다르지만 말하자면 전자, 광자, 양성자, 중성자로 이루어진 물질 四元論이 일단 완성된 셈이다.¹¹

그러나 1930년대 이후 宇宙線을 관측한 결과 양전자, 중성미자 및 뮤온등이 속속 발견되었기 때문에 이 소박한 素粒子論은 만들어지기도 전에 허물어져야만 했다.

1957년에는 소립자의 총 수가 30종 內外에 이르렀으며 1960년대에 와서 수명이 극히 짧은 공명입자들이 많이 발견되어서, 1964년에는 그 질량이 20억 eV 이하의 것만도 59개를 기록하게 되었고, 그 이후에 20억 eV 보다 큰 것까지 포함시키면 그 수가 무려 300개를 넘고 있는 상태다. 앞으로도 더 발견될 가능성이 있으므로 이들을 전부 소립자라고 믿어도 될까? 주기율표상의 92개의 원소가 더 간단한 구성요소인 양성자, 중성자라고 믿어도 될까? 주기율표상의 92개의 원소가 더 간단한 구성요소인 양성자, 중성자, 원자로 구성될 수 있듯이, 이들 역시 어떤 더 기본적인 구성요소로 구성되어 있는 것은 아닐까 하고 여러 과학자들은 이와 같이 쏟아져 나오는 소립자에 대하여 그 소립자성을 점차 의심하게 되었다.

1. 쿼크와 輕粒子

1949년에 Fermi 와 Yang은 π 중간자가 핵자-반전자 쌍의 S_0 상태와 같은 양자수를 갖는다는 데에 주목하여 π 중간자는 비상히 큰 결합에너지를 갖는 핵자-반핵자 쌍의 한속박상태로 볼 수 있다고 제안했다. Strange입자가 발견된 이후 Sakata(坂田)는 1956년에 Λ 를 기본 입자에 부가함에 의해서 양자수 S를 고려해 넣어 Fermi 와 Yang의 모형을 확장할 수 있음을 지적했다. 3가지 입자 P, n, Λ 를 때로는 Sakaton이라 부른다.

1961년에 Gell-Mann등은 8正道理論이라는 새이론을 내세워 수많은 強粒子를 분류하는데 성공했고, 이 성공에 힘입어 1964년에 Gell-Mann과 Zweig는 각각 독립적으로 놀라운 성질들을 가진 가설적 입자들로 구성된 한 상이한 baryon 3중항을 시사했다. Gell-Mann은 쿼크(Quark)라고 명명하였는데, 이는 제임스 조이스의 소설 "Finnegan's Wake"에 등장하는 주인공이 액체의 양(quantity)을 들고(hark) 꿈속에서 합성한 말이라는 데서 유추하였다고 하였다.¹² Zweig는 이를 에이스(ace)라고 불렀으나 quark라는 이름이 이겼다. 즉 그들은 u, d, s라 불리는 세 기본 입자를 도입하면 그 때까지 발견된 모든 強粒子가 설명될 수 있다는 이론을 내세웠다.

19세기에 물질의 화학적 변화적 변화에 관한 지식이 진보하게 되어 비로소 근대적 의미로서의 원자(Atom)라는 개념이 생겼으나 오늘날에 와서는 데모크리투스의 원자는 이러한 쿼크나 경입자(lepton)로 볼 수가 있다. 전자(electron:e), 중성미자(neutrino: ν), 뮤온(muon: μ), 타우입자(tau: τ)가 경입자 족에 속하는 기본입자이지만 전자이외에는 이들 입자들은 일상 현상에서는 그다지 흔하게 나타나지 않는다. 그리

고 경입자의 전하는 $\pm e$ 이고 스핀은 $1/2$ 이다. 양성자(proton:p), 중성자(neutron:n), 람다입자(lambda: Λ), 시그마입자(sigma: Σ) 등은 重粒子(baryon)라고 하며, 파이온(pion: π), 카온(kaon:K) 등은 中間子라고 한다. 重粒子和 中間子를 통틀어서 強粒子라고 부른다. 그런데 모든 쿼크나 경입자를 막론하고 모든 입자에 대하여 그에 대응되는, 입자의 부호위에 막대표시로 나타내어 지는 反粒子라는 것이 존재한다. 반입자는 문제되는 입자와는 반대의 부호의 전 하를 가지는 이외에 여러 양자수 {예컨데 아이소스핀(isospin:I), 중입자수(baryon number:B), 스트레인지니스(strangeness:S) 등 입자의 성질을 특정짓는 수}도 보통은 반대가 되어 있지만 질량과 스핀은 같다. 몇몇 전기적으로 중성인 중간자들 (예컨데, Z^0 , γ 와 $\eta_c=cc$, 그러나 $K^0=ds$ 는 예외)은 자신이 반입자들이다. 그러나 반입자는 그와 쌍을 이루는 입자와 더불어 소멸되어 버리므로 일상적 세계에서는 찾아볼 수 없다. 이런 까닭으로 소립자의 종류를 셀적에 입자와 반입자를 구별하지 않는 경우가 많다. 다시말하면 일상적으로 볼 수 있는 물질은 궁극적으로는 쿼크와 경입자로 구성되어 있다고 볼 수 있다.

1. 1. 쿼크

1. 1. 1. 쿼크의 特性和 크기

쿼크 이론에서는 모든 重粒子는 3개의 쿼크(qqq), 모든 중간자는 正쿼크(q)와 反쿼크(q)의 複合粒子로 이루어 진다고 가정한다. 이 이론은 후에 파울리의 배타 원리의 모순을 해결하기위해 色理論이라는 새로운 이론으로 확장되었다. 물론 쿼크와 같은 기본입자에 무슨 색이 있는 것은 아니지만 추상적인 의미에서 쿼크는 제각기 빨강, 녹색(또는 노랑), 파랑의 세 가지로 다시 갈라진다. 그런데 색깔을 띠 重粒子나 중간자는 있을 수 없으므로 이 쿼크들이 결합하여 중입자를 만들 때는 3원색의 원칙에 따라 세가지의 색을 갖는 쿼크가 반드시 하나씩 포함시켜야 하며, 또 중간자는 어떤 색깔의 쿼크와 반드시 그 색을 갖는 쿼크의 반 쿼크만이 결합함으로써 비로소 색깔 없는 중간자를 만들게 된다. 쿼크의 種은 香(flavor)으로, 類는 色(color)으로 각각 부르고 있으며, 현재의 이르로 쿼크는 6種(u:up, d:down, c:charm, s:strange, t:top or truth, b:bottom or beauty), 3類(red, green or yellow, blue)가 있다고 가정되고 있으므로 쿼크를 각각 香과 色으로 나타내면 18개가 되며, 이의 반입자 까지 합치면 36개가 됨을 알 수 있다. 이들을 완전히 구분하는대는 세로 좌표와 가로 좌표를 동시에 사용하면 된다.

Table 1. Classified table of colored quarks

Flavor	Color	Red	Green (or Yellow)	Blue
	u		u_r	u_g
d		d_r	d_g	d_b
c		c_r	c_g	c_b
s		s_r	s_g	s_b
t		t_r	t_g	t_b
b		b_r	b_g	b_b

그런데 한 입자의 특성은 量子數에 의해서 표현된다. 量子數에는 時空과 관계가 있는 것이 있고 그렇지 않은 것도 있는데, 시공과 관계없는 양자수를 내부양자수라 하며 시공양자수와 구별한다. 질량, 각운동량, 反轉性등은 시공 양자수이고 하전량 (charge:Q), 아이소스핀(isospin:I), 중입자수(baryon number:B), 스트레인지니스(strangeness:S), 초전하(hypercharge:Y), charm(C), truth(T), beauty(B)들은 내부양자수이다. 이들 사이에는 다음 관계식이 성립한다.

$$Q = I_3 + Y/2 = I_3 + 1/2(B + S + C + T + B) \dots\dots\dots (1)$$

여기서 I_3 는 I의 제3성분이다. 각 쿼크에 대하여 이들을 Table 2.에 나타내었다.⁽¹³⁾

Table 2. Quarks (spin=1/2)

Flavor	Name	Approx.Mass (GeV/c ²)	Q	B	I	I ₃	S	C	T	B	Size (m)
u	u _r u _g u _b	4 × 10 ⁻³	2/3	1/3	1/2	1/2	0	0	0	0	<10 ⁻¹⁶
d	d _r d _g d _b	7 × 10 ⁻³	-1/3	1/3	1/2	-1/2	0	0	0	0	<10 ⁻¹⁶
c	c _r c _g c _b	1.5	2/3	1/3	0	0	0	1	0	0	<10 ⁻¹⁶
s	s _r s _g s _b	0.15	-1/3	1/3	0	0	-1	0	0	0	<10 ⁻¹⁶
t	t _r t _g t _b	>89	2/3	1/3	0	0	0	0	1	0	<10 ⁻¹⁶
b	b _r b _g b _b	4.7	-1/3	1/3	0	0	0	0	0	-1	<10 ⁻¹⁶

Table 2.에서 보면, 스핀은 입자들의 고유 각운동량이다. 스핀은 양자역학적 단위인 \hbar 의 단위들로 주어지는데, $\hbar=6.58 \times 10^{-25}\text{GeV s}=1.05 \times 10^{-34}\text{Js}$ 이다. 그리고 전하들은 양성자 전하의 단위로 주어지는데, SI 단위로는 양성자의 전하하는 1.69×10^{-19} coulomb이다. 입자물리학의 에너지 단위는 한 전자가 1볼트의 전위차를 가로지를 때에 얻어지는 에너지인 전자볼트(eV)이다. 질량도 GeV/c^2 (단, $E=mc^2$)로 주어지는데, 여기서 $1 \text{ GeV}=10^9\text{eV}=1.6 \times 10^{-10}\text{joule}$ 이고 양성자의 질량은 $0.938 \text{ GeV}/c^2=1.67 \times 10^{-27}\text{kg}$ 이다.

1. 1. 2 쿼크에 의한 強粒子的 構成

강입자는 모두 無色이거나 白色상태에 해당한다고 생각해야 할 것이다. 白色이 삼원색이 같은 비율로 혼합된 것인 것처럼 강입자에서도 세가지 색깔을 평등하게 사용한다. 중입자의 경우는 빨강, 녹색, 파랑의 쿼크 한개씩을 사용하여 q_r, q_g, q_b 라는 식으로 표기하고, 이 세 쿼크로 r(적), g(녹), b(청)의 순서로 적절한 重價를 붙여 평균을 취하면 된다. 중간자에 대하여서는 늘 같은 색깔인 q 와 \bar{q} 를 q_r, \bar{q}_r 과 같이 결합시켜서 이들을 평균을 취하면 된다. 페르미온과 보손의 경우에 쿼크들이 결합하여 강입자가 되는 경우를 Table 3, 4. 나타내었다.⁽¹³⁾ 이를 원자의 경우와 비교하면, 백색이란 플러스 전하와 마이너스 전하가 相殺된 중성상태, 즉 이온화하지 않은 원자에 해당하고 색깔이 있는 상태는 전하를 갖는 이온과 유사한 상태라 생각하면 된다.

Table 3. Sample Fermionic Hadrons

baryons qqq and antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	antiproton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω	omega	sss	-1	1.672	3/2

Table 4. Sample Bosonic Hadrons

Mesons qq					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
D^+	D ⁺	$c\bar{d}$	+1	1.869	0
η	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

1. 2. 輕粒子

지금까지 경입자는 6종류의 향기인 전자(electron:e), 전자중성미자(electron neutrino: ν_e), 뮤온(muon: μ), 뮤온중성미자(muon neutrino: ν_μ), 타우입자(tau: τ), 타우중성미자(tau neutrino: ν_τ)가 발견되었다. 중입자는 15/2, 중간자는 3까지의 스핀을 갖는 입자들이 발견되었으나 경입자의 스핀은 모두 1/2이다. 경입자에 대해서도 보존양인 경입자수(lepton number:경입자는 L=1, 비경입자는 L=0) L, 뮤온수(muon number:뮤온은 $L_\mu=1$, 비뮤온은 $L_\mu=0$) L_μ , 타우수(tau number:타우입자는 $L_\tau=1$, 비 타우입자는 $L_\tau=0$) L_τ 등이 있다. 예컨데 이는 양성자가 양전자로, 뮤온이 전자로 붕괴되지 않음을 말한다. 이들이 경입자 족에 속하는 기본입자이지만 전자이외에는 이들 입자들은 일상 현상에서는 그다지 흔하게 나타나지 않는다. 그리고 경입자의 전하는 $\pm e$ 이고 스핀은 1/2이다. 경입자에 대한 양자수들을 Table 5.에 나타내었다.

Table 5. Leptons (spin=1/2)

Flavor	Name	Mass GeV/c ²	Q	Lepton Number	Mu-ness	B	Size (m)
ν_e	electron neutrino	$<2 \times 10^{-8}$	0	1	0	0	$<10^{-18}$
e	electron	5.1×10^{-4}	-1	1	0	0	
ν_μ	muon neutrino	$<3 \times 10^{-4}$	0	1	1	0	$<10^{-18}$
μ	muon	0.106	-1	1	1	0	
ν_τ	tau neutrino	$<4 \times 10^{-2}$	0	1	0	0	$<10^{-18}$
τ	tau	1.784	-1	1	0	0	

1. 3. 프레온(Preons:Subquarks)

그러나 경입자의 수와 쿼크의 수가 동일해 질 것이 이론적으로 예견되므로 6개의 경입자에 대하여 6개의 쿼크 u, d, s, c, t, b의 6原論으로 확장되었다. 따라서 6개의 쿼크에 색깔까지 합치면 18개, 이것들의 반입자까지 합치면 36개가 된다. 여기에 글루온 8개 등을 첨가하면 이것은 다시 멘델레예프의 주기율표상의 원소의 숫자나 쿼크이론의 등장하기 이전인 1960년대의 소립자의 상태처럼 복잡하기 그지 없는 상태가 된셈이다. 따라서 쿼크들과 경입자들을 구성하는 입자들을 가정하기에 이르렀다.⁽¹¹⁾

쿼크나 경입자의 차이는 강한 상호작용을 가지느냐 않느냐에 있다. 즉, 강한 힘이 쿼크의 색깔에만 작용하는데 대하여 약함힘은 쿼크와 경입자의 향기 양자수에 작용하는 것이 공통적이다. 약한 상호작용에서는 쿼크나 경입자 향기의 각각 2개씩 1조로 묶어서 설명된다. 그 중에서 제일 가벼운 것이 (u, d), (ν_e, e)인데, 이는 제1세대의 기본입자라 부르고, 제2세대는 (c, s), (ν_μ, μ) 제3세대는 (t, b), (ν_τ, τ)이다.⁽¹⁴⁾

제1세대의 기본입자는 색깔을 고려하면 쿼크가 6개, 경입자가 2개 있는 것처럼 보이니 중성미자는 좌회전적인 ν_L (그 반입자인 ν_R 은 우회전적)밖에 존재치 않음을 고려하여, SU₅ 이론에서는 5개의 좌회전적 기본입자로 된 조와 그것에 대응하는 우회전적 반입자의 조로부터 출발한다. 이는 색깔과 경입자의 향기를 바꾸어 주므로, 여기에서 5입자조를 구성하는 입자(preon)가 쿼크와 경입자의 구성요소가 될 수 없는가 하고 생각 할 수 있다. 그렇다면 데모크리투스의 原子는 현재의 과학적 원자로서는 프레온이라고 볼 수도 있을 것으로 생각 하나, 아직 이에대한 이론은 확고하지 아니하므로 그 원자들은 쿼크들과 경입자들이라고 할 수 있을 것으로 본다.

2. 쿼크와 相互作用

2. 1. 쿼크 模型

2. 1. 1. 끈(String)과 자루(bag)모형

강입자의 끈모형 또는 현(弦)모형에 따르면 강입자는 쿼크가 고무끈과 같은 것으로 연결되어 있다고 본다. 끈 끝에는 반드시 쿼크가 달려 있는데, 고무끈과 다른 점은 잡아 당기면 무제한으로 늘어나지만 장력(張力)은 계속 일정하다는 점이다. 다시

말하면 “거미줄”과 같은 것이다. 또 끈이 끊어지는 수도 있으며 그 때는 끊어진 곳에 쿼크와 반쿼크의 쌍이 발생하는 것이라 생각한다. 그렇다면 이 끈의 실체는 무엇인가?

현재 믿는 바로는 전기장의 역선(力線)이 끼어진 것과 같은 것이라고 생각되고 있다. 끈을 자석에 비유하면, 쿼크는 그 극에 해당한다. 막대 자석을 둘로 나누면 그것이 제각기 하나씩의 자석이 되어 절대로 북극과 남극을 고립시킬 수는 없다. 그러므로 고립된 단독의 쿼크란 존재하지 않는 것이다. 여기서 끈은 수학적 선이 아니고 다소의 두께를 갖는다고 생각하는 편이 낫다. 특히 짧은 끈, 즉 저에너지의 상태는 그 길이나 굵기가 같고 등방적이라 생각하는 것이 더 자연스러울 것이다. 존슨(johnson)의 자루(bag)모형에 따르면, 하드론은 고무풍선속에 쿼크를 가두어 놓은 것과 같은 것이 된다. 만약 이 풍선을 빨리 회전시킨다면 원심력 때문에 이 풍선은 비행선 모양으로 변형될 것이다. 이것일 바로 끈인 셈이다.⁽¹⁴⁾

두개의 질량이 없는 쿼크들이 단위 길이당 에너지 밀도가 k 이고 길이를 갖는 끈(string)으로 연결되어 졌다고 보고 쿼크가 빛의 속도로 회전한다고 하면 질량과 같은 동량을 계산할 수가 있다. $k \cong 0.18 - 0.2 \text{ GeV}^2$ 로 두면 실험적인 다음의 Regge-Frautschi 관계식

$$L = \text{const} + \alpha M^2 \text{ (단, } \alpha = 0.8 - 0.9 \text{ GeV}^{-2} \text{)} \dots\dots\dots (2)$$

을 얻는다. 체적이 $V = Ar$ 인 색전하를 갖는 영역에 총에너지가 $E_{\text{Bag}} = BV = Bkr$ 이라고 가정해보자. 이때 상수 B 는 새로운 기본상수라고 가정되고 있다. 가벼운 쿼크(u, d, s)를 포함하는 강입자 스펙트럼에 대해서는 $B^{1/4} = 145 \text{ MeV}$ 정도로 추정된다.⁽¹⁵⁾

그러나 하드론은 그 성격이 복잡하여, 끈 모형으로 모든 것이 다 설명되는 것이 아니다.

2. 1. 2. 強粒子的 퍼텐셜 模型

쿼크와 반쿼크 상호작용에 대하여 $V_{LR} = kr$ (단, $k = 0.18 - 0.2 \text{ GeV}^2$) 이 긴 영역에 알맞는 퍼텐셜 이라면 짧은 영역에 알맞는 형은 쿨롱의 형과 유사하다고 생각해야 한다: $V_{SR} = -(3/4)(\alpha_s/r)$, 쿼크와 반쿼크의 color singlet에 대하여.⁽¹⁵⁾

예컨데 중간자의 경우를 보자. 질량이 m_1, m_2 인 두 쿼크로 구성되는 한 중간자 상태의 스핀 의존 퍼텐셜 에너지는 다음식으로 주어진다.⁽¹⁶⁾

$$V(R) = \epsilon(R) + \frac{1}{2} \left[\frac{1}{m_1^2} \vec{s}_1 + \frac{1}{m_2^2} \vec{s}_2 \right] \cdot \vec{L} \frac{1}{R} \frac{d\epsilon(R)}{dR} + \frac{1}{m_1 m_2} \vec{L} \cdot \vec{s} \frac{4}{3} \alpha_s \frac{1}{R^3} + \frac{2}{3} \frac{1}{m_1 m_2} \vec{s}_1 \cdot \vec{s}_2 \frac{4}{3} \alpha_s \pi \delta(\vec{R}) + \frac{1}{m_1 m_2} (3 \vec{s}_1 \cdot \vec{R} \vec{s}_2 \cdot \vec{R} - \vec{s}_1 \cdot \vec{s}_2) \frac{4}{3} \alpha_s \frac{1}{R^3} \dots\dots\dots (3)$$

여기서 $\epsilon(r)$ 은 static potential energy 이다. 다음과 같은 SU(6) 축소된 Hamiltonian 을 도입하자.

$$H_0 = \epsilon(R) + \frac{1}{2m_u} (\vec{P}_1^2 + \vec{P}_2^2) + 2m_u \dots\dots\dots (4)$$

여기서 m_u 는 윗쿼크의 질량이다. 강상호작용의 하밀토니안 H는 $H = H_0 + H'$ 으로 쓸 수 있는데, H' 은 H의 나머지 항 모두를 의미하며 H' 의 기대치는 매개변수화 할 수 있다. S와 중간자에 대하여 그 유도된 질량 공식은 다음과 같다.

$$M = M_0 + A \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{m_u} + B \vec{s}_1 \cdot \vec{s}_2 \left[1 - \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{m_u} \right] \dots\dots\dots (5)$$

여기서

$$\begin{aligned} H_0 | \psi_0 \rangle &= M_0 | \psi_0 \rangle \\ A &= m_u - \frac{1}{m_u} \langle \psi_0 | \frac{1}{2} \vec{P}_1^2 | \psi_0 \rangle \\ B &= \frac{1}{m_u^2} \langle \psi_0 | \frac{32}{9} \pi \alpha_s \delta(\vec{R}) | \psi_0 \rangle \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

이다. 각운동량 L이 0이 아닌 다른 중간자에 대한 공식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} M &= M_0 + A' \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{m_u} + B' \left[\vec{L} \cdot \vec{s} - 2 \left[\frac{\Delta m_1}{m_u} \vec{L} \cdot \vec{s}_1 + \frac{\Delta m_2}{m_u} \vec{L} \cdot \vec{s}_2 \right] \right] + C' \left[\vec{L} \cdot \vec{s} + (3\vec{s}_1 \cdot \vec{R} \right. \\ &\left. \vec{s}_2 \cdot \vec{R} - \vec{s}_1 \cdot \vec{s}_2) \right] \left[1 - \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{m_u} \right] \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

여기서

$$\begin{aligned} H_0 | \psi'_0 \rangle &= M'_0 | \psi'_0 \rangle \\ A' &= m_u - \frac{1}{m_u} \langle \psi'_0 | \frac{1}{2} \vec{P}_1^2 | \psi'_0 \rangle \\ B' &= \frac{1}{m_u^2} \langle \psi'_0 | \frac{1}{2} \frac{1}{R} \frac{d\epsilon(R)}{dR} | \psi'_0 \rangle \\ C' &= \frac{1}{m_u^2} \langle \psi'_0 | \frac{4}{3} \alpha_s \frac{1}{R^3} | \psi'_0 \rangle \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

이다.

2. 2. 파톤(Parton)이론

고에너지 산란에서 서로 반대 방향으로 달려가는 두 양성자가 충돌하면 그 각각이

많은 파편(강입자)으로 깨져 버리는데, 파편이 옆 방향으로 흩어져 나가는 일은 거의 없으며 앞쪽과 뒤쪽으로 제트(jet)가 생긴다. 이 제트가 퍼지는 각도는 입자 에너지에 반비례한다. 이것은 정입자가 물렁물렁한 부드러운 것이라는 증거이다. 그런데, 라더퍼드는 α 입자가 원자와 충돌할 때 큰 각도의 산란이 자주 일어나는 것은 원자속에 작고 무거운 핵이 있기 때문이라고 추론했었다. 그런데, 지금의 경우는 사정이 정 반대로 되어 있다. 즉 하드론 속에 핵이 없기 때문에 충돌 때 양성자나 그 생성물의 운동량이 방해 받지 않고 타성에 의하여 전방으로 돌진 하는 것이라 생각된다. 이때 하드론 속의 쿼크가 어찌 되었느냐 하는 문제에 대해서는 전자-양성자 반응을 쓴 실험 데이터에서부터 접근 가능하다. 실험 결과 스케일링 법칙이라는 간단한 법칙이 발견되었는데, 이 법칙은 어떤 입사 에너지에서의 산란 전자의 에너지와 각도 분포를 측정해두면, 입사 에너지를 바꾸었을 때의 결과는 산란 전자의 에너지를 적절히 환산했을 때의 결과와 같아진다는 사실이다. 이것이 뜻하는 바는 강입자의 내부에는 일정한 스케일이 없다는 것이다. 다시 원자를 예로들면 원자는 그 전체의 크기와 원자핵의 크기라는 두 단계의 척도 기준을 가지고 있다. 양자론에서는 길이의 스케일은 에너지의 역스케일로 되어 있으므로 척도가 둘이 있으면 낮은 에너지와 높은 에너지에서는 현상이 본질적으로 다를 수도 있게 된다. 그러나 스케일이 한 종류이라면 아무리 에너지 값을 올려 주더라도 새로운 현상은 일어나지 않을 것이다. 바꾸어 말하면 하드론 속에 구성 입자가 있다면 그것은 무한소의 点粒子라고 생각할 수 있다.⁽¹⁴⁾ 이것을 좀더 구체적으로 나타낸 모형이 파인만(Feynman)에 의하여 제안되었다. 그가 이론에서 내놓은 가설은 하드론이 수많은 입자로 구성되어 있다는 가설이다. 그는 이 구성 입자들에 파톤(Parion, 부분을 이루는 입자)이라는 이름을 붙였다.

파톤모형에 의한 전자-양성자 반응의 설명은 다음과 같다. 양성자는 파톤으로 된 가스와 같은 것이고 반응은 그 속의 임의의 한 개가 전자와 충돌하여 튕겨지는 과정이라 볼 수 있다. 1개의 파톤은 일정한 질량을 갖지 않으며 무거운 파톤에서부터 가벼운 파톤에 이르기까지 모든 종류가 일정한 비율로 혼합되어 있다. 더군다나 그 수도 일정하지 않으며 다만 파톤의 에너지의 총계가 양성자의 전체 에너지와 같으면 된다.

이와 같이 쿼크 모형의 사고 방식과 파톤 모형 사이에는 유사점도 있으나 서로 모순되는 점도 있다. 우선 파톤=쿼크라고 보는 것은 자연스러우나 파톤의 수가 일정치 않아 서로 불일치 한다. 예컨대 양성자는 3개의 파톤만으로써 이루어지는 것이 아니고 작고 가벼운 파톤도 포함하고 있다. 더군다나 파톤은 가정에 의하면 서로 상호작용을 하지 않지만 쿼크는 서로 끈으로 연결되어 있다. 그런데 전자- 양성자 산란에 관한 데이터에서 파톤속에는 전하를 갖지 않는 중성인 것도 있다는 점이 문제이다. 중성 파톤은 전자와 충돌할 수는 없으나 양성자가 갖는 전체에너지의 약 절반을 걸

머지고 있다. 이런 식으로 두 모형 사이에 모순이 있다는 사실을 반영하는 것이며 이 개개의 모형은 제각기 하드론의 어느 한 면만을 기술하고 있는 것이라고 생각해야 할 것이다.

2. 3. 強相互作用

그러나 QCD(색깔의 게이지장의 양자론)에 의하면,¹⁷⁾ 색깔을 가진 쿼크 사이에는 강한 힘이 작용한다고 보고 있다. 색깔은 원자의 경우에 전하에 해당하고, 쿨롱의 힘과 같은 것이 쿼크의 색깔 사이에도 작용한다고 보는 데, 전하는 한 종류이었는데 반하여 색깔은 세 종류나 있으므로 전하의 개념 확장이 필요해 진다. QED(양자전자역학)에서는 전자와 전자 사이에는 광자를 서로 교환하여 상호작용하기 때문에, 전자를 쿼크로 보면 쿼크 사이에 교환되는 입자로 생각할 수 있는 데 이를 글루온(gluon)이라 부른다. 글루온은 가능한 8개의 색이 있다. 경입자, 광자와 W와 Z중간자는 색전하를 갖지 않기 때문에 이들은 강상호작용에 관여하지 않는다. 누구도 쿼크와 글루온들을 끄집어 낼수 없다: 그것들은 색이 없는 강입자에 감금되어 있다. 이러한 감금(속박)결과는 색전하를 띤 물체들 사이에 여러번 교환되는 글루온들에 기인한다.

그런데 글루온 자체가 색깔을 가지고 있으므로 글루온이 다시 글루온을 방출할 수 있는 것이 전자기적인 상호작용과는 다른 점이다. 힘의 운반자로서의 글루온에 대한 몇가지 성질을 다음의 Table 6, 7에서 보기로 하자.^{(13), (18)}

Table 6. Strong Force carrier

Strong or color spin=1	name	Mass GeV/c ²	Electric Charge
g	gluon	0	0

Table 7. Colored gluons

Colour	RED(R)	GREEN(G)	BLUE(B)	
ANTIRED(\bar{R})	$R\bar{R}$	$G\bar{R}$	$B\bar{R}$	$(1/3)[R\bar{R} + G\bar{G} + B\bar{B}]$ (TRIVIAL) $(1/2)[R\bar{R} - G\bar{G}]$ $(1/6)[R\bar{R} + G\bar{G} - 2B\bar{B}]$
ANTIGREEN(\bar{G})	$R\bar{G}$	$G\bar{G}$	$B\bar{G}$	
ANTIBLUE(\bar{B})	$R\bar{B}$	$G\bar{B}$	$B\bar{B}$	

강상호작용에 있어서는 전자기장의 경우의 단위전하 e 에 대응시켜서 쿼크가 갖는 색깔의 강도를 나타내는 단위로서 g 를 쓴다. g 는 색깔의 종류의 의존하지 않는 양이다. 두 전자 사이에 광자가 교환되어 발생하는 전자기력이 e^2 에 비례하듯이 두 쿼크 사이에 글루온 1개가 교환되면 g^2 에 비례하는 힘이 생길 것이다. 그러나 방출하는 글루온의 종류에 따라 쿼크는 그 색깔을 바꾸거나 교환하거나 하는 등 여러가지 가능성을 만들어 낸다. 게다가 글루온이 또 다른 글루온을 낳거나 1개 이상의 글루온을 교환하거나 하는 가능성 등을 고려한다면 g^4, g^6, \dots 에 비례하는 힘도 나오게 된다. 전자기력에서는 $e^2/\hbar c = 1/137$ 가 작기 때문에 e^2 에 비례하는 꼴롱 힘만으로 웬만한 것은 처리될 수 있었지만 글루온의 경우에는 g 의 값이 훨씬 크다는 것을 예상하지 않으면 안되므로 그리 간단하지는 않다. 강상호작용의 성질을 다음 Table 8.에서 보자.

감금(confinement): 색깔전된 입자들(쿼크와 글루온들)이 떨어져 있을 때 그들 사이의 색력(color force)은 일정한 값에 접근하게 되고 색력장(color force field)의 에너지는 증가한다. 이 에너지가 결국엔 부가적인 쿼크와 반쿼크의 쌍으로 전환된다. 결과적으로 출현하는 물체들은 중간자 또는 중입자라 불리우는 무색의 결합이다.

잉여의 상호작용(Residual Strong Interaction): 무색의 양성자 중성자들이 핵을 형성하는 강한 결합은 색전하를 띤 물질들 사이의 잉여의 강한 상호작용에 기인한다. 그것도 전기적으로 중성인 원자들이 분자들을 형성할 때 묶는 잉여의 전기적 상호작용과도 유사하다.⁽¹³⁾

Table 8. Properties of the Strong Interaction

Interaction	Strong	
	Fundamental	Residual
Property		
Action on :	Color Charge	See Res. Str. Int. Note
Particles experiencing :	Quarks, Gluons	Hadrons
Particle mediating :	Gluons	Mesons
Strength(relative to electromag.)		
For two up quarks at		
: 10^{-16} m	25	not appli. to quaks
: 3×10^{-17} m	60	
Strength for two protons in nucleus	not appli to hadrons	20

그런데 쿼크의 색깔이 만드는 힘의 장이 처음에는 쿨롱적이라고 생각 되었지만, 색깔의 세기가 거리와 더불어 변화하여 근거리(고에너지)에서는 약하고 원거리(저에너지)에서는 강해진다. 즉 고에너지 현상에서는 쿼크는 자유 파톤처

럼 행동하고 저에너지에 있어서는 반대로 상호작용이 매우 커질 수 있게 된다. 만약 쿼크 사이의 퍼텐셜이 다음과 같이 주어진다고 하자.

$$V(r) = -k_1/r + k_2/r \quad \dots\dots\dots (9)$$

첫째항은 색깔에 의하여 방출되고 흡수되는 질량이 없는 글루온들의 교환 때문에 생기는 쿨롱형으로 기대되는 항이다. 둘째항은 r에 비례하기 때문에 가까운 거리에서는 이 항이 작다. 서로 가까와지면, 쿼크들은 비교적 약한 퍼텐셜이 되어서 그것들은 거의 비상대론적으로 자유스럽게 움직인다. r을 크게 하면 r에 비례하는 항 때문에 퍼텐셜이 매우 커지는 데, 이것이 쿼크와 들루온들을 강입자에 붙잡아두는 모습이다.

즉, 두 쿼크를 갑자기 떼놓으려하면 처음에는 그다지 저항이 없으나 점차 풀의 효과가 발생하여, 풀의 끈이 끊어지지 않는 한 어느 정도 이상으로는 떼어 놓을 수가 없어서 끈 모형과 그 성격이 같아지게 되고 쿼크는 갇혀 버리고 만다. 글루온은 색깔을 가지고 있으므로 단독으로는 존재할 수 없지만 몇개가 모여서 백색 글루볼(gluball)을 만들든지도 모른다. 이 볼은 정수 스핀을 가지므로 중간자와 비슷한 성질의 것이지만 향기도 없고 좀처럼 포착하기 어려운 것이다.

2. 4 쿼크의 실체성

이와 같이 쿼크는 하드론의 SU₃대칭성을 설명하기 위하여 가설로서 도입된 實體이지만 그것이 제대로의 실체로서 인정되기까지는 상당한 시간이 걸렸다. 사실 지금에 와서도 쿼크의 실체성에 대하여 의문을 가지는 사람이 없는 것은 아니다.

그 주요한 이유는 쿼크가 아직껏 “우리들 눈에 보이지 않기”때문이다. 즉, 1964년 이래 quark를 찾기 위해서 많은 실험진들이 노력을 기울여왔으나, 그러나 이렇다할 결과가 아직껏 얻어지지 않고 있기 때문이다.⁽¹⁹⁾ Quark가 발견되지 않으면 그것은 quark들이 존재하지 않기 때문인지, 그것들의 질량이 너무 커서 그런지, 혹은 생성 단면적이 너무 낮아서 그런지 알 수 없다. 더구나 만일 quark들이 존재하면 또 세계가 “대폭발(big bang)에서 창조 되었다면 quark들은 온도가 비상이 높았을 때 맨 첫

단계동안에 생성되었을 가능성이 크다. 이들 원래 존재했던 quark들의 얼마는 아직도 남아 있을 수 있다. Quark들은 다른 입자들과 그들의 분수 전하 혹은 질량에 의해서 구별될 수 있다. 그러나 믿을만한 모든 실험은 부정적인 결과들을 주었다.

Ⅵ. 루크레티우스(Lucretius)의 原子, 極微 및 쿼크의 對比

여기서는 Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ절에서 논의한 바의 루크레티우스의 원자론, 아비달마불교의 극미, 소립자 물리학에서의 쿼크를 간략하게 대비코져 한다. 약자 “루크”는 루크레티우스의 원자론 “극미”는 極微實存論의 極微를 의미한다.

1. 性格

루크 : 가. 원자는 크기를 가지며 堅固性, 永遠性, 單純性을 갖는다.

나. 복합체 내부에 빈 공간을 가지고 있어서 외부적 타격이나 힘이 개입되면 그 틈새에 따라 쪼개져서 본래의 원자들로 해체한다.

다. 독립적으로 존재치 않는 극단적인 부분이 있다.

極微 : 가. 순간적으로 生滅한다(剎那生滅). 그러나 剎那生滅하는 현상의 배후에 존재의 불변의 실체인 自性을 도입한다.

나. 복합체는 극미의 집합체이며 공간적인 연장을 가지며, 地, 水, 火, 風의 極微를 가정하기도 한다. 그리고 地의 견고함이 갈수의 지, 수 화, 풍 극미의 결합중 지의 극미가 세력이 강하다는 질적인 설명과, 숫적으로 지의 극미가 많이 포함되어 있어 견고하다고 질적인 주장을 하는 설이 있다.

다. 단독으로 존재치 않는다.

쿼크 : 가. 양성자는 매우 긴 평균 수명을 갖는다. 그런데 양성자의 내부 구조에 관여하는 쿼크들도 쌍생성과 쌍소멸을 되풀이하므로 영원성은 보장할 수 없다.

나. 쿼크와 반쿼크가 두 개 모여서 중간자, 세개 모이면 중입자를 형성하며, 이들 사이에 교환되는 글루온도 존재한다. 또한 강입자의 내부는 일정 질량을 갖지않는 다양한 파톤의 존재가 예상되고 있다.

2. 構造(크기, 모양)

루크 : 가. 원자는 내부에 완전히 동질적이고 파르메니데스의 궁극적 실재의 성격을 갖는 극단적인 부분들을 갖는다. 이들의 수에 따라 다양한 크기의 원자가 존재한다.

나. 다양한 모양의 원자들이 존재한다.

極微 : 가. 極微는 극한의 미립자이다. 분리, 파괴할 수 없으며 입체적으로 이를 둘러싼 면을 갖지 않는다. 즉 공간적인 연장을 갖지 않아서 수학적인 점에 가깝다.

나. 극미가 중심, 사방, 상하에 7개가 모여 미립자를 형성하고 이러한 규칙을 11번 정도 계속하면 별씨만한 크기를 갖는다. 미립자를 구라 생각하고 이의 반지름을 별씨의 반지름에 기준하여 계산하면 10^{-6}cm 정도 된다.

쿼크 : 가. 쿼크의 크기는 10^{-18}cm 보다 작은 것으로 취급된다.

나. 쿼크마다 스핀, 스트레인지니스등 내부 양자수들을 적용시켜 구분한다.

3. 屬性

루크 : 원자는 무게 때문에 필연적으로 하강하는 운동이 있다.

極微 : 극미 내부에 세력, 배열을 규제하는 힘이 있다.

쿼크 : 쿼크의 색전하들 사이에 글루온을 교환함으로써 강상호작용한다.

4. 多의 成立

루크 : 가. 복합체는 원자들로 이루어 지며, 원자들 사이에는 공간이 있다.

나. 복합체는 원자의 속성 이외에 별개의 속성을 갖는다.

다. 끊임없는 운동중 충돌하여 우연히 결합한 후 종자를 이루고 자신의 운동에 적합한 원자들을 받아들여 성장한다.

라. 복합체는 성장 소멸한다.

極微 : 가. 극미 1개를 중심으로 동, 서, 남, 북 사방과 상, 하에 각각 하나씩 극미가 결합하여 제2의 미립자를 이룬다. 이와같은 과정을 11번 반복하면 그때 별씨 정도의 크기가 되는데, 거기에는 282,475,249 개의 극미가 포함된다.

나. 극미 끼리는 어떠한 접촉도 없다. 극미가 모인 여러가지 사물엔 단단한 것, 연한 것 등의 여러가지 성질이 있다.

다. 복합체 형성의 배후에 업력의 존재를 생각해야 한다.

라. 복합체는 성장 소멸한다.

쿼크 : 가. 쿼크가 모여 강입자들을 형성한다. 쿼크와 쿼크는 서로 떨어져 있으면서 글루온을 교환하여 상호작용하고, 파톤들은 서로 떨어져서 개스체를 형성한다.

나. 쿼크의 복합체인 중간자(보손), 중입자(페르미온)등의 성질이 다르다.

다. 핵, 원자, 분자, 결정이 형성되는 과정은 종자와 같은 류의 모임에 의한 해석도 가능하다.

라. 원자, 분자, 결정들은 성장, 소멸, 분리 가능하다.

5. 時-空間

루크 : 가. 운동이 가능하기 위해선 공간(유클리드 공간)이 전제된다.

나. 복합체 내부에 공간적 간극이 있다.

極微 : 가. 無爲라는 虛空이 논의되고 있다.

나. 물질 내부의 공간은 五界 중의 空界로 논의되고 있다.

다. 공간적인 극미에 의하여 剎那라는 미소 시간이 정의된다.

쿼크 : 가. 사차원 시-공, 비유클리드 공간 등이 논의된다.

나. 쿼크를 제외한 강입자 내부는 텅빈 공간으로 해석 가능하다.

다. 원자나 소립자의 성질로부터, 시간과 공간의 단위가 설정된다.

6. 生成과 變化

루크 : 가. 무게 때문에 원자들이 움직인다.

나. 원자가 자신의 무게 때문에 수직 강하 운동하다가 불확실한 시-공간에 자신의 궤도에서 이탈하여 무수히 쏟아지는 원자들과 충돌한다. 그래서 모든 방향의 운동이 가능하다. 그러나 이러한 傾斜運動의 원인은 알려져 있지 않다.

다. 복합체에 갇힌 원자들은 공간 속의 속도로 진동한다.

極微 : 가. 업력의 존재를 가정하고 있으며 이로부터 물질의 생성, 유지, 소멸 현상을 설명하고 있다.

쿼크 : 가. 쿼크의 색전하들 사이에는 유색의 글루온의 흡수 방출에 의하여 강상호 작용을 하고 있다.

VII. 原子論에 의해 惹起된 基本的 論爭點

1. 刑而上學에서의 原子論

원자론을 논하는데는 데모크리투스의 학설이 엄밀한 의미에서의 원자론으로 유명한데, 다른 학설들에 있어서는 원자론의 기본적인 논쟁점들이 분명하게 나타나지 않았기 때문이다. 엄밀한 의미에서의 원자론은 원자론의 역사적 형태들중의 하나의 것 뿐만이 아니고, 어떤 물리적 현상을 설명하는데 있어서 많은 가능한 과학적 시도 중의 하나이다. 무엇보다도 형이상학적 학설이다: 그것은 변화와 다양성을 설명할 수 있는 유일한 것으로 소개 되었다. 그리고 형이상학으로서 그것은 이성적이고, 유물론적이며, 실재론적이다.

그것은 관찰된 형상을 설명하기 위해 관찰할 수 없는 원자의 존재를 가정하기를 주저하지 않는 이성을 그렇게 확신하기 때문에 이성적이다: 즉, 원리상 인간의 지각으로는 관찰할 수 없고 단지 이성의 작용에 의해서만 알려질 수 있다. 원자론자는 그들이 원자론의 존재를 확신하는 것일 뿐만 아니라 그들 역시 이성적인 방법으로 그것들의 기본 성질들을 추론 가능하다고 생각하기 때문에 훨씬 더 멀리 갔다. 게다가 이런 특성들을 유물론적 용어들로 표현하는 것은 편의상의 문제만이 아니다: 그것은 실체의 적절한 표현으로 가정된다.

이 이성적이고 유물론적 형이상학은 데모크리투스의 원자론의 특성일 뿐아니라 초기 과학적 원자론의 형태이다. 가장 분명한 이런 형이상학적 표현은 데카르트에게서 발견된다. 데모크리투스의 유물론 개념은 분명하고 독특한 사상이기 때문에 더 깊은 실험적인 조사는 불필요한 것이다. 인간의 마음이 단지 이성에 의해서 원자들의 특성을 알 수 있다는 원자적 가정이 원자가 내부변화를 조건으로 하지 않는다는 생각에 대한 필요한 결론임이 강조되어야 한다: 변화가 없다는 것에 대해서는 결코 실험의 주체가 될 수 없기 때문에. 불변의 원자들에 대한 유물론적 개념의 최대 단점은 그것이 분석적 실험을 원자에 대해서는 역지로 하지 못하게 하는 것이다: 그러나 이 약점은 과학의 발전 과정에서 인간 지식의 근본적인 경험적 특징이 분명하게 된 후에 나타날 수 있었다.

사실 이 단점은 정확히 아리스토텔레스가 데모크리투스의 원자를 반대한 이유중의 하나이다. 즉, 후자는 변화하지 않는 원자를 가정했다. 아리스토텔레스에게는 물질의 정수가 변화를 조건으로 한다는 것이다: 그래서 그에게 불변하는 원자의 개념 자체가 모순이었다.

아리스토텔레스의 원자론 비평은 분명히 유물론적 형이상학에 반대했으나 실재론에 대해서는 반대하지 않았다. 후자의 특성은 비길바 없는 18C 인식론자인 임마누엘 칸트의 공격 목표가 되었다. 연속체의 이율 배반으로 알려진 유명한 논증에서, 칸트는 공간을 차지하는 실체를 받아들임은, 원자론의 초석인데, 모순으로 이끈다는 것을 증명하려고 노력하였다. 그의 논증은 다음처럼 요약될 수 있다: 어떤 화합물을 간단한 것으로 이루어져야 한다(만약 그렇지 않으면 혼합물 밖에 존재하지 않을 것이다)는 것을 증명하는 것이 가능하다. 그 반면에 어떤 물질적인 것도 간단할 수 없다는 것을 증명할 수 있는데, 공간을 차지하는 어떤 존재는 항상 연장되어 있으며 분할 가능하기 때문이다. 따라서 모든 언급된 단순한 부분은 곧 단순하기도 하고 단순하지 않기도 하다. 결과적으로 공간적인 연장이 있는 것은 실재할 수가 없다. 게다가 공간을 차지함은 물질 세계 그 자체의 특성이 아니다: 그것은 인간의 감각에 의해 실체에 부과된 한 형태이다.

그의 논증으로 칸트는 이처럼 원자 이론을 반대하고자 하지 않았다: 그는 단지 그들의 실체론적인 주장만을 반대했다. 칸트는 깊게 인간이 우주 기계관과 유사한 방식으로 자연을 생각해야 한다고 깊게 확신했으나, 그는 이런 방식으로 구성된 지식이 실체 그 자체에 도달할 수 있는 점을 부정했다.

19C에 대체로 과학자들은 인간 지식의 실체론적인 주장에 대한 칸트의 공격을 거의 염두에 두지 않았다. 과학자들은 이미 자신의 길을 가도록 배웠고 더 이상 철학적인 고찰에 대하여 걱정하지 않았다. 과학 그 자체내에서 내적인 중대 국면이 일어났을 때만 그 전제조건들에 대하여 기꺼이 곰곰히 생각하려 하였다. 이러한 중대 국면은 과학이 두 고전적인 모형(파동과 입자의 모형)들의 상대성을 받아 들이지 않으면 안될 때인 20C에 발생하였다. 어느 정도까지 과학적 모델이 과학자들이 그의 경험을 단일화 하는 데에 있어서 단지 주관적인 구조물인 뿐인지 아닌지에 대한 문제는 칸트가 마음속에 지닌 문제와 꼭 같은 것이다. 그렇지만 차이점 중 하나는 칸트 시기에 과학은 오로지 이론적일 뿐이라는 것이다. 실험과의 밀접한 관계는 미처 발견되지 않았다. 이런 이유로 칸트학파의 인식론적(또는 인간 지식)문제가 다음과 같은 문제에 있어서 문제에 중심이 된다: 그의 실재성 모델이 그 자체의 실재성을 반영하는가? 오직 이론적인 과학에서 사람이 갖는 실재성과의 유일한 접촉이 그의 지식을 통해 산출되는 한 문제는 풀 수 없는 것으로 보인다.

이론으로부터 실험적 훈련에 이르기까지 과학의 발전은 철학으로 하여금 새로운 방법으로 인식론적 문제를 논하도록 강요한다. 경험과학에서의 인간은 실체성과 두가지 면으로 접촉하고 있으므로 즉, 그의 지식과 경험적인 실천으로. 근대 원자 이론은 이런 관점을 설명하는 가장 좋은 예증 하나이다. 그것은 모델의 실재적 가치의 문제와 바로 직면한 이론이다. 이론적 모델에 대한 실재적 가치의 최종적인 판결인 실험

적 실행에 대한 이론의 유효성 때문에 그것은 이러한 도전을 할 수 있었다. 그것은 고대 원자론의 대담한 이성적인 사고를 확립하였다: 그러나 그것이 동시에 참으로 효과적이게 하기 위해서는 이성은 실험적인 도움을 필요로 한다는 것을 밝혔다.⁽⁷⁾

2. 古代 그리이스 原子論 對 現代의 科學的 原子論

그리이스의 원자론과 현대의 원자론을 비교함에 있어서, 그리이스 사상에 있어서 철학과 과학이 둘이 아님을 상기 해야한다. 자연계에 있어서 변화와 다수의 문제에 대한 해를 찾고자 함은 물론 특정한 현상에 대한 과학적인 설명을 하기를 원함에 의해서 그리이스의 원자론은 고취되었다. 몇몇 그리이스 원자론자들의 관념이 이후의 물리학의 선구자로서 바로 간주될 수 있는 것은 사실이지만, 현대 과학에 대한 구시대의 원자 학설의 주된 중요성이 이들의 애초의 예전에 있지는 않다. 감각적 경험에 의하여 식별된 다양성과 변화를 진지하게 취하며 그것을 물질의 단일 개체성과 불변성에 대한 파르메니데스의 논의와 일치 시키는 시도가 보다 더 중요한 것이다. 보편적인 법칙은 물질 세계에서 어떤 단일 개체성을 전제로 하며 불변하는 어떤 것은 변화 뒤에 숨겨져야 한다는 전제 없이는 불변의 법칙은 성립될 수 없기 때문에, 보편적이고 불변의 법칙들을 찾는 데 있어서 현대 과학은 상당한 정도로 파르메니데스와 같은 생각에 의하여 고취되었다. 이와 똑같이, 후자의 전제조건 없이는 실험은 아무런 의미가 없다고 말할 수 있다. 왜냐하면 만약 서로 다른 조건들 하에서 발생하는 다양한 반응들이 어떤 것을 나타내 보인다면, 이 반응들은 어떤 불변의 성질을 표현함이 되어야 한다. 그 차이는 똑같이 남아 있는 것에 대하여 지시하여야만 한다. 따라서 그리이스 철학자들의 위대한 성취는 그들이 과학적인 마음가짐이 가능하도록 한 전체로 보는 자연관을 가진 것이다. 이점에서 원자론의 양적이거나 질적인 형태들은 각각 문제의 수학적 면이거나 관찰적인 면으로 관심을 끌게 하는데 기여했다.

따라서 단지 과학적인 내용의 기초 위에서만 고대 그리이스 원자론과 과학적 원자론을 비교하는 것은 그리이스 원자론의 가치를 잘못 판단하게 될 것이다: 사실 그것은 그것의 주요한 가치를 잘못 판단할 것이다. 그것은 후자의 철학적 부적절성을 의미할 것이다. 그렇지만 이후의 과학적 원자론의 발전이, 기본적인 논쟁점으로서, 엄밀한 의미에서의 원자론을 다른 형태의 원자론과 분리하는 많은 철학적 문제들을 분명히 했다는 것이 알려졌다. 몇개의 예들만 언급하면: 과학적 원자론의 발전은 전체와 그것들의 성분들 사이에 관계와 궁극적인 입자의 상대적 특성들 및 어떤 기본적인 인식론적 문제들에 대한 인간의 통찰들을 깊게 하였다.⁽⁷⁾

3. 原子論의 評價

원자 이론의 성공은 원자론에 대한 일반적인 관념의 가치를 보여준다: 복잡한 것을 확고한 입자들이나 단일 개체들의 집합체들로서의 설명. 그렇지만 그것의 역사는 또한 이 관념의 타고난 위험성을 말한다. 즉, 절대론의 그것. 역사는 이 절대론을 바로 잡았다: 단일 원소들은 고려하고 있는 복합체에 관하여서만 궁극적인 것으로 여겨지며, 그것들의 집합체로서의 연합은 병치의 방법에 의해서만 일어날 필요는 없다.⁽⁷⁾

Ⅶ. 結論

자연에서 생성 변화 소멸하는 복잡한 현상을 단일 개체들의 집합체들로 설명하기 위하여 그리이스의 원자론이 비롯되었는데, 이 철학의 성공적인 응용은 자연과학에서 찾아볼 수 있다. 즉, 한때 화학적 원자론을 제창한 달톤은 수소 원자등의 원자가 데 모크리투스의 원자로 인식하였으나, 현대에는 그것을 quark로 대치할 수 있으나, quark도 그것을 구성하는 preon등의 물질들로 구성되어 있을 것이라는 가정을 하기에 이르렀다.

古代 이래로 실험 도구들이 극도로 빈약한 상태에서 탐구된 자연철학자들의 사변적인 원자론이 근대 자연과학의 기초가 되었음은 물론 현대 소립자 물리학의 모태가 됨을 볼 때, 아직도 확고하게 체계화 되지 않은 소립자론의 원리들을 실험적인 장치에 의해서는 물론 지적인 사고를 통하여 확립될 수도 있음을 추론할 수 있다. 이러한 관점에서 보더라도 철학적 원자론을 재검토 할 필요성이 있는바, 비록 과학적인 이론으로까지 발전하지는 못하였지만 서양의 원자론 못지않게 독자적으로 매우 심도있게 논의되어 온 인도의 원자론은 재고될 필요성이 충분히 있다고 생각한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 관점에 유의하여 루크레티우스의 원자론 및 極微實存論에서의 極微와 素粒子론에서의 quark의 유사성을 비교하였다.

우선 인도의 四大와 希臘의 4원소는 개개의 항목은 다르지만 전체적인 발상점에 있어서는 거의 궤도를 같이하고 있음을 알 수 있다. 그리고 四大가 모두 하나의 극미속에 포함되어 있으나 눈에는 보이지 않으며 공간에 흩어져 있는 성질로 보아서 에너지와 대비시킬 수도 있을 것으로 생각하여 물리화적인 용어를 사용하여 좀 무리한 대응을 시켜 보았다. 질량에너지: 地大, 위치에너지: 水大, 輻射에너지: 火大, 운동에너지: 風大.

루크레티우스의 원자와 극미, 퀴크를 대비함에 있어서 특기할만한 점은 서양의 원자는 아직도 파르메니데스의 궁극적 실재를 찾으려는 노력을 계속하고 있다는 점이고, 동양의 原子論인 極微실재론에서 極微는 佛敎哲學이 융성할 당시에 철저하게 그 존재성이 논의되었는 바, 그 자체의 논리적 모순성 때문에 일찌기 폐기 되었다는 사실이다. 즉, 서양의 철학적 원자론은 아직까지도 과학적인 원자론이나 논리적 원자론 등의 형태로서 연구되고 있는바, 소립자 물리학의 퀴크까지 논의됨은 물론 퀴크를 이루는 프레온 이라는 것을 가정하기에 까지 이른 반면, 동양의 극미실재론은 단절되고 그 논리적 모순성을 해결하기 위하여 제시된 空의 논리로부터 대승불교 철학이 전개되었다는 사실이다.

그런데, 양자역학과 상대성 이론의 발전 결과 파르메니데스의 영원 불변의 궁극적 실재의 개념은 물질 세계에서는 성립할 수 없다는 것이 밝혀졌다. 이는 동양의 極微의 존재에 대한 논리적 모순성을 일찍이 지적하였던 논의가 옳았음을 반증하는 것으로 볼 수 있다. 그런데 흥미롭게도 양자역학과 상대성이론의 기본적인 철학인 상보성 원리와 시-공 연속체 등의 개념이 대승불교의 사상과 부합되고 있다는 것이 밝혀지고 있다.

따라서 원자론의 단순한 대비의 차원을 넘어서 심도있는 논의를 전개함은 양자론의 인식론적 문제들을 논하는데 있어서 불교 철학이 어느정도 기여할 수 있는 가능성을 제시한다고 볼 수 있다. 그런데 東洋은 西洋의 고도로 발달된 물질 문명을 수용함에 있어서 과학적인 면만을 너무 크게 의식한 나머지 너무 성급하게 東洋의 文化는 西洋에 비하여 열등하다는 결론을 내릴 수도 있을지 모르나 이는 옳지 않다고 본다. 왜냐하면 物質과 精神을 함께 고려해야만 文化를 제대로 평가할 수 있을 것이기 때문이다.

본 논문에서 논하였듯이 자연과학의 모체가 되는 원자론에 있어서 아비달마 불교의 極微實存論은 현대의 소립자론에서의 논의와 좋은 대비를 보이는데, 왜 원자론을 계승 발전시켜 과학으로 이끌지 못하고 정신문화만 계승 발전시켰는가에 대하여서는 研究해 볼 가치가 충분히 있는 것으로 생각된다. 동서양의 우주관(中國의 우주관 포함)의 對比, 동서양의 因果律의 對比 등은 차후 연구 과제로 둔다.

參 考 文 獻

- (1). 文桂錫. “루크레티우스(Lucretius)原子論의 基本原理에 관한 研究”,
非刊行碩士學位論文, 忠南大學校 大學院, 1986
- (2). 金永植編著 科學史概論, 서울:茶山出版社, 1986
- (3). 우에야마 슌페이, 사쿠라베 하지메. 아비달마의 哲學(존재의 분석),
정호영 옮김, 서울:민족사 1990
- (4). 吳亨根, “部派佛敎의 物質論研究(Ⅰ,Ⅱ)”東大佛敎文化研究院, 佛敎學報,
제26, 27집, 1989, 1991
- (5). 定方晟, 佛敎의 宇宙觀, [東峰 옮김, (서울:진영출판사, 1983)pp.97-104]
- (6). Mason, S. F., A History of The Sciences[박성래 譯, 과학의 역사(Ⅰ,Ⅱ)
(가치, 서울, 1991)] pp.32-33
- (7). Encyclopaedia Britannica in 30 volumes Macropaedia vol 2. (Knowledge in depth
Encyclopaeda Britannica Inc., 1977) pp.346-351
- (8). Russel, B., A History of Western Philosophy (George Allen & Unwin, 1984
Korean ed.) p.72
- (9). Kalupahana, D, J, Causality:The Central philosophy of Buddhism, (The university
press of Hawaii, 1975)
- (10). 申東湜, “華嚴學에 있어 如來藏思想을 媒介한 空觀의 處理”, 계명대학교 계명
논총, 제8집, 1972
- (11). 자연과학교재편찬회편, 自然科學概論, 대구:螢雪出版社, 1990
- (12). 片山泰久. 소립자론의 세계(물질과 공간의 궁극에 도전)박정덕 옮김., 서울:전
파과학사, 1989
- (13). Standard Model of Fundamental Particle and Interactions:A Chart Created by
the Contemporary Physics Education Project, 1990
- (14). 南部陽一郎. 쿼크(소립자물리의 최전선), 김정흠, 손영수 옮김,(서울, 電波科學
社, 1988)
- (15). Rosner, J.L., Quark Models(in technique and concept of high energy physics),
Proceeding of NATO Advanced Study Institute, St. Croix(1980). edited by T.Ferbel
(Ppenum,N.Y. 1981)
- (16). Jong Bum Choi, Phys.Rev. D31, 201(1985)

-] (17). Myher F. and J. Wroldsen, Rev. Mod. Phys. 60,629(1988); S.Capstick, N. Isgur, Phys. Rev., D34,2809(1986); J. Carison, J.B.Kogut, and V.R.Pandharipande Phys. Rev. D28,2807(1983); A.Chodos, R.L.Jaffe, K.Johnson, and C.B.Thorn, Phys. Rev., D10,2599 (1974); S.Godfrey and N. Isqur, Phys. Rev. D32,189(1985); S.L.Glashow, Sci. Am., 233(oct.), 38(1975)
- (18). Nambu, Y. Sci.Am., 235(Nov.), 48(1976)
- (19). Frauenfelder, H. and E.M. Henley, Subatomic physics, (Prentice-hall, Englewood cliffs, N. J, 1974)

(기타 참고한 문헌)

- 李泰秀. “古代原子論의 運動根據에 대한 論議”, 한국철학회, 철학논구, 제10집, 1982
- Hawking, S. 時間의 歷史, 玄正峻 옮김, 서울:삼성출판사, 1990
- 里深文彦. 新科學入門, 정성호 옮김, 서울:범양사, 1987
- 趙慶哲. 現代宇宙物理學, 서울:大光文化社, 1988
- Eisberg, R., R. Resnick, Quantum physics of atom, molecules, solids, nuclei, and particles(2/e). (John Wiley and Sons, New York, 1985)
- 洪庭植, 佛敎入門, (서울:信興出版社, 1976)
- Stcherbatsky, Th. 小乘佛敎概論, (권오민 옮김, 서울:경서원, 1986)
- 早島鏡正 et al. 印度恩想의 역사, (정호영 옮김, 서울:民族社, 1988)
- 高翊普 “阿舍法相의 體系研究” 非刊行碩士學位論文, 東國大學校 大學院, 1970
- 金勝東, 玄南奎. “相互作用과 空性-因果律에 대한 考察-” 釜山大學校 人文論總 제27집, 1985
- Gudmunsen, C. (비트겐슈타인과 불교, 윤홍철 옮김, 서울:고려원, 1991)
- Capra, F, The Turing Points, [李成範, 具閔瑞 옮김, 새로운 科學과 文明의 轉換, (서울:범양사, 1985)]
- Capra, F. The Tao of Physics [李成範, 金鎔貞 옮김, 現代物理學과 東洋恩想, (서울:범양사, 1979)]
- 松下眞一, 法華經과 원자물리학(釋妙覺 옮김, 서울:경서원, 1984)
- 權五民, “經量部哲學의 批判的 體系 研究”, 非刊行博士學位論文, 東國大學校 大學院, 1990