

V. 시대적 배경

van der Waals가 상태식을 내어 놓은 1873년을 전후한 시대적 배경을 살펴 보자. 19세기에 태어나 열역학을 정리하고, 열역학적 변수의 이름을 짓고, 열역학을 학문으로 성립시킨 학자들 중 눈에 띄게 활발한 몇사람은 다음과 같다.

James Prescott Joule(1818-1889), Rudolf Clausius(1822-1888), William Thomson(Lord Kelvin)(1824-1907), Clerk Maxwell(1831-1879)

이들의 업적은 「열역학의 성립과 에너지 물리학의 발전」이란 제목으로 번역된 P.M. Harman의 *Energy, Force and Matter: The Conceptual Development of 19th Century Physics* 45-71쪽에 잘 나타나 있다.

van der Waals와 비슷한 나이의 J. Willard Gibbs(1839-1903)와 Ludwig Boltzmann(1844-1906) 역시 열역학의 정리와 통계역학의 기초를 닦는 데 있어 두드러진 업적을 남겼다. 물리학에 관한 한, 학문의 중심은 영국에서 서서히 독일로 넘어 오고 있었으니 Max Planck(1858-1947)와 Einstein(1879-1955)으로 맥을 잇는 데 큰 기여를 했다고 하겠다.

통계 Clausius와 Maxwell의 분자적 구조나 배열이 열역학법칙들과 어떤 연관을 갖게 되는지에 대해 견해의 차이를 두고 있던 때였기에 분자의 부피나 인력을 고려하여 열역학적 변수의 양을 보정하는 van der Waals의 실험식은 주목을 받을 만했으리라 여겨진다.

VI. 과학사적 재조명

이상기체의 상태방정식은 현대과학의 초창기를 대변하고, van der Waals의 상태방정식은 분자구조가 부피·인력의 형태를 통해 열역학적 양에 영향을 미친다는 사실을 인식시킴으로써 통계역학의 새 바람을 간접적으로 불러 일으켰다.

특히 이 성공적 상태방정식에 자극받아 Einstein의 고체모형과 LJD의 액체 모형이 나왔고 그 개량형인 Debye 모형과 Ronlette 이론이 나타났다.

특히 액체의 상태방정식으로 van der Waals 식이 가장 좋다는 섭동이론자들의 주장이 비교적 최근것(1960-1970)이고 보면 상태방정식에 관한 한, van der Waals 식은 인기와 공헌이 가장 크다고 하겠다. van der Waals의 상태방정식은 열역학적 변수들을 미시적 분자 관찰로부터 계산해 낸 첫 성공적 시도였으며 비교적 간단한 형태를 갖추었다는 점에서도 높이 평가받는다고 보겠다.

상황공간의 관점에서 본 과학발전의 구조

서울대 장 회 의

Kuhn의 과학혁명이론은 과학발전의 과정을 이해함에 있어서 중요한 새로운 안목을 제시하였다. 그러나 paradigm 변화에 관한 사회적·심리적 맥락의 중요성을 강조하고 있는 그의 이론은 paradigm 변화의 인식론적 과정에 대해서는 만족스런 설명을 하고 있지 않다. 이 연구에서는 과학발전의 구조를 인식론적인 관점에서 고찰해 보려고 하였으며, 특히 “상황공간”이란 개념을 도입하여 paradigm의 Gestalt적 치환이 가능해지는 인식구조의 일부를 해명하려고 시도하였다.

이를 위하여 먼저 인간의 보편적 인식구조를 간단히 모형화해 보면 다음과 같다. 인간이 인식기구를 통하여 지각하는 외계의 정보내용은 대체로 「무엇이 어떻다.」고 하는 서술문의 형식을 취한다. 그런데 이 서술문이 의미있는 정보를 제공해 주기 위해서는 몇가지 기존의 지식이 전제되지 않으면 안된다.

첫째로, 무엇이라고 하는 주어가 의미를 지니기 위해서는 이것이 대상 실체에 관해 어느정도 개념화된 지식내용을 포함하고 있어야 한다. 가령 “사과”라고 할 때 이미 사과란 대체로 어떤 것인가 또는 적어도 어떻게 정의된 것인가에 관한 얼마간의 사전 지식이 전제되고 있다.

둘째로, “어떻다”고 하는 술어가 의미를 지니기 위해서는 주어로 지정된 대상 실체가 지닐 수 있는 가능한 상황들의 영역이 전제되어야 하며, 술어가 하는 역할은 이러한 상황영역 내에서 대상 실체가 실제로 처해 있는 상황은 무엇인가, 즉 대상 실체는 상황영역 내에서 실제로 어떠한 위치를 점유하고 있는가를 지정해 주는 것이다. 예를 들어 「이 사과가 달다.」고 할 때 이미 사과는 달거나 시거나 또는 몇몇 다른 맛을 나타낼 가능한 상황들을 지니는 존재임이 전제되고, 이 정보가 말해 주는 것은 이 상황들 가운데 이 사과는 달다고 하는 한 특수상황에 처해 있음을 알려 주는 것이다. 만일 사과 맛에 관한 가능한 상황영역이 사전 지식으로 전제되어 있지 않다면 「이 사과가 달다.」고 하는 이야기는 아무런 정보도 제공해 주지 않는 것이 된다. 즉 의미있는 정보가 얻어지기 위해서는 적어도 잠정적으로 대상 실체의 성격과 이것이 지닐 수 있는 가능한 상황영역이 사전지식으로 전제되고 있는 것이다.

그렇다면 상황영역에 관한 사전 지식은 어떻게 하여 이루어지는 것인가? 이는 경험만에 의하여 이루어지는 것이라고 할 수 없다. 경험, 특히 정보입수라고 하는 것은 이미 설정된 상황영역 내에서의 상황실태를 말해 주는 것일 뿐, 상황영역 자체를 상정해 주는 것이라고는 할 수 없기 때문이다. 그렇다고 경험을 완전히 떠난 선천적인 것이라고 말하기도 어렵다. 왜냐하면 개체성장과정에 있어서나 문화발전과정에 있어서 개인 또는 문화가 상정하고 있는 상황영역의 내역이 여러가지로 변해 가고 있음을 우리는 쉽게 관찰할 수 있기 때문이다. 그러므로 우리는 여기서 다음과 같은 두가지 기본전제를 설정하기로 한다.

(i) 인간은 항상 실체 및 상황영역에 관한 기존의 관념체계를 지니고 있으며 외계에 관한 정보의 입수는 이를 바탕으로 이루어진다.

(ii) 인간은 또한 실체 및 상황영역에 관한 기존의 관념체계를 반성적으로 검토할 능력을 가지며 일단 새로운 관념체계가 기존의 것에 비하여 사물을 이해하는 데에 우월하다고 생각되면

이를 새로운 것으로 치환할 능력을 가진다.

이와같이 생각할 때 인간의 인식과정은 기본적으로 서로 다른 두가지 인식기구, 즉 상황에 관한 정보입수와 상황영역의 창조적 재구성이라는 인식방식을 통하여 이루어짐을 알 수 있으며 전자가 대체로 수동적이며 축적적으로 지식의 내용을 쌓아 나가는 과정임에 비하여 후자는 능동적이며 치환적으로 지식의 형태를 만들어 가는 과정이라 할 수 있다.

인간의 사물인식에 관한 이러한 일반적인 기본구조는 또한 과학발전의 과정 속에 그대로 반영될 것임은 매우 당연한 일이며, 따라서 과학발전의 구조를 이러한 두가지 형태의 인식방식과 관련시켜 이해하려는 노력은 대단히 유익하리라고 생각된다. 사실상 Kuhn의 정상과학과 과학혁명 개념은 이러한 맥락에서 이해될 수 있는 성격의 것이다.

그러면 과학발전의 과정은 대상 실체 및 상황영역에 관한 관념체계를 어떻게 수정해 나가는 과정인가? 이는 한마디로 이들의 보편화 및 구조화의 과정이라 규정해 볼 수 있겠고, 이에 관련하여 많은 연구가 수행되어야 하겠으나, 여기서는 상황영역 변화에 관한 몇가지 기초적인 고찰만 시도하기로 한다.

일반적으로 인식의 내용에 관한 객관성과 분별성이 증대되기 위해서는 상황영역이 정성적인 “영역”의 범주에서 벗어나 정량적인 “공간”의 범주를 형성해야 한다. 즉 다분히 주관적이고 정성적인 “상황영역”은 보다 상호주관적이고 가측적인 개념인 “상황공간”으로 전환되어야 한다. 그리고 다양한 상황들을 나타내는 여러 상황공간들 사이에는 일정한 상호관계가 존재할 수 있으며, 따라서 이러한 상호관계를 정리하고 더 이상 환원되지 않는 기본적 상황공간을 추려내는 작업들, 즉 공간의 구조화 작업들이 뒤따르게 된다.

이러한 과정에 따라 정리된 하나의 중요한 상황공간이 사물의 장소적 존재상황을 나타내는 “장소공간”, 즉 통상적 의미의 “공간”개념이다. 그리고 이러한 장소공간은 시간공간(시간을 나타내는 공간이란 의미이며 통상적인 시간과 공

간을 함께 지칭하는 표현이 아님과 더불어 유도 공간들인 속도공간, 가속도공간 등을 정의하는데 활용되며 이들에 다시 질량공간의 값이 곱해져 운동량공간, 힘공간 등이 정의되기에 이른다. 고전물리학은 대체로 상황공간에 대한 이 정도의 구조화 작업에 바탕을 두고 이들 상황공간 내에서 정의된 공간변수들 사이의 관계를 규정함으로써 동력학의 기본이론을 구성한다. 특히 고전역학에서는 대상 실체의 물리적 상태를 나타내는 이른바 “위상공간”을 정의하는데, 이는 장소공간과 운동량공간의 곱의 형식으로 나타난다.

한편, 상대성이론은 장소공간과 시간공간을 자기 독립적인 것으로 보지 않고 “4차원 공간·시간 연속체”의 개념으로 재구성한 하나의 상황공간 이론이라고 보아도 좋다. 그러므로 고전물리학의 상대론적 수정은 이러한 새로운 상황공간, 즉 4차원 공간·시간의 관점에서 기존의 상황공간 변수들 사이의 관계를 재정비할 때 필연적으로 나타나는 결과들이라 할 수 있다.

마지막으로, 양자이론은 물리적 대상 실체의 상태를 나타내는 상태공간의 새로운 도입에 그 이론적 특성을 지닌다. 즉 고전역학에서 물리적 실체의 상태가 위상공간 내의 한 점으로 표시된다고 본 것에 비하여 양자이론에서는 이것이 상태공간이라고 하는 일종의 고차원적 함수공간 상의 점(상대벡터)으로 표시되어야 한다고 보는 것이다. 물론 양자이론이 동력학적 의미를 지니기 위해서는 상태공간 상의 상태함수가 만족해야 할 동력학적 관계식이 주어져야 하며 또한 상태함수와 보다 통상적인 상황변수들의 관계를 나타내는 해석방법이 마련되어야 한다. 그러나 양자이론의 이러한 모든 이론적 구조는 근본적으로 상태공간이라고 하는 새로운 상황공간의 도입에 그 기반을 두고 있음이 강조되어야 한다.

위에서 우리는 물리학의 주요 발전단계를 통해서 상황공간의 성격이 어떻게 변천해 왔는가를 간략히 고찰하였다. Kant가 옳게 지적한 바와 같이 공간(여기서는 상황공간으로 확대 해석함)의 성격은 경험(좁은 의미의) 이전에 성립되어 있어야 하며 인간의 지각은 이를 통하여 비로소 가능해지는 것이므로 상황공간에 대하여

“감성의 형식”이란 Kant의 표현을 그대로 사용하는 점에 무리가 없다. 그러나 Kant는 오직 역사의 ‘한 단면(고전역학이 성립한 시기)만을 봄으로써 공간개념 자체를 고정불변의 것으로 인정하였던 점에 커다란 과오가 있었던 것이다. 우리는 이제 상황공간 개념을 인간의 창조적 노력에 의하여 개조가능한 것으로 보아야 할 역사적 사실들 앞에 서 있으며 이것이 바로 Kuhn이 말하는 전환의 인식론적 기반을 이루는 면이 아닌가 생각된다.

이러한 의미에서 과학발전, 특히 물리과학의 발전과정을 올바르게 추정함에 있어 상황공간개념의 변천과정 및 변천동기를 면밀히 파악한다는 것이 지대한 중요성을 지니는 작업이라고 말할 수 있다.

게스닝제의 파문

한림대 송 상 용

1931년 런던에서 열린 제 2회 국제과학·기술 사회의에는 부하린(N.I. Bukharin)을 단장으로 한 소련대표단이 갑자기 밀어닥쳐 소동이 일어났다. 7월 4일 과학박물관에 특별히 마련된 발표장에서 소련 물리학자 게스닝(Boris Gessen)은 “뉴턴의 프링키피아의 사회·경제적 근원”이라는 논문을 읽었다.

게스닝은 17세기 과학혁명을 일으킨 것은 자본주의 기업가들이었다고 단정했다. 경제활동이 활발해지면서 총포·항해·기계 등 새로운 기술적 문제들이 일어났는데, 이런 것들이 「프링키피아」의 핵심을 이루었다고 그는 주장했다. 요컨대 뉴턴의 책은 부르주아계급의 지식인들이 경제생산과정에서 생긴 난점들에 간접적으로 답한 것이라는 얘기였다.

게스닝의 논문은 너무나 거칠고 대담했기 때문에 청중은 그저 아연했을 뿐이었다. 발표장에서 반대가 나오지 않은 것은 아니지만 본격적인 반박에 나선 것은 역사학자 클라크(George Clark)였다. 클라크는 「뉴턴시대의 과학과 사회복지」