

액체론의 사회열역학적 응용*

최 동 식

고려대학교 화학과

Social Thermodynamic Application of the Liquid Theory**

Tong-Seek Chair

Department of Chemistry

Korea University, Seoul 132, Korea

요 약

현대 사회의 액체와 비슷한 특성에 착안하여 사회과학의 새로운 패러다임을 이 땅에 탄생시키려는 시도로 사회열역학을 소개한다. 일반 체계이론과 열역학이 걸어온 길을 개관하여 그 현황을 밝히고 액체로 특히 Roulette 이론의 상세한 해설을 포함시켰다. 복잡한 사회현상을 그 구조적 특질을 이해함으로써 쉽게 설명하고 정치이론을 유도해 낼 수 있음을 보여 사회과학에 자연과학적 방식이나 방법론이 얼마나 쓸모있는지를 확인시키고자 한다.

Abstract

The characteristics of complicated modern society may be treated similar to those of liquids, and the treatment might promise a new paradigm for a better world, which is called social thermodynamics. Introducing so called Roulette liquid model, the general system theory and thermodynamics will be reviewed briefly. With the concepts of simple types of structure units, the complicated society could be analyzed and explained quite successfully to support Dr. Field's comparative political theory. In conclusion, it seems significant that scientific concepts as well as scientific approach are applied to solve the interdisciplinary problems, especially to the topics in social sciences.

* 1978년도 한국화학공학회 추계총회에서 행한 특별강연의 내용을 정리 보완했음.

** Invited Review Article as a Special Lecture for the 1978 2nd Annual Meeting.

1. 머릿말

치솟는 물가와는 상관 없이, 한국의 경제는 괄목한만한 발전을 이루었다고 한다. 과연 경제발전의 척도가 무엇인지 경제학자에게 물어보자 한사람당 국민총생산으로 성장율은 짐작할 수 있어도 경제발전이 내포하고 있는 상세하고 포괄적인 내용을 일러줄 수는 없다 한다.

예를 들어 「쿠웨이트」는 한사람당 GNP가 미국이나 북구 3국의 수치를 넘고 있지만 과연 아스팔트 덮힌 거리로 양떼를 끌고 다니는 그들의 경제상태가 윗 나라들보다 발전적이라 보겠는가.

그래서 경제학자들은 GNP 외에 여러가지 다른 지표를 경제발전의 척도로 삼고자 한다. 한사람이 소모하는 에너지의 량, 자본량, 저축량을 따져야 하고, 고용율, 조세부담율, GNP 중계조업에 비중, 기타 2중구조의 존재여부 등을 알아야 한다. 어찌 그 뿐이라, 국민의 교육수준 인구증가율과 그 내역도 복지와 연관시켜 종합해야만 경제발전의 지표가 된다.

이렇듯 번잡한 상황 설명의 다면성 때문에 경제이론도 매우 잡다하게 발전되어 왔다. 즉 원전고용, 물가안정, 경제성장 등을 갈구하며 많은 경제정책들이 시행착오를 거쳐 그중 몇은 이론으로 정립되어 이제는 양의 동서를 가리지 않고 타당한 일반적 명제들로 여겨지고 있다.

그러나 아직 종합적이고 총괄적인 경제이론은 마땅한 것이 없는 현실이다.

사회가 원래 복잡하고 다양하며 거기서 일어나는 현상 역시 복합적이고 불규칙해서 임기응변으로 한가지 문제를 해결하면 곧 그 때문에 다른 문제가 야기되는걸 어떻게 일률적으로 다 설명해 내는 대원칙이 쉽게 얻어질 수 있단 말인가. 그래서 인류는 끈질겨서 경제정책을 세워 「실업해결」과 「인플레이션」, 「고도성장」과 「공해방지」등과 같은 상치관계의 여러 인자들이 조화되도록 힘을 쓰고, 어떤 각도에서 분석해 보아도 헛점이 없는 균형잡히고 종합적인 경제체제 확립의 길을 모색하고 있는 것이다.

이렇듯 아직 경제학 자체에 획기적 발전이 없는 이유는 정치학의 경우를 살펴봄으로써 더욱 확실해진다.

정치발전 역시 어떤 한가지 단순하면서 보편적인 척도로 언급될 수 없는 성질의 것이다. 경제학에서 언급한 바 보다 더 많은 요인들이 더 복잡하게 연관지어져서 종교·문화·우연한 사고에 조화 민감하게 변화를 보이는 정치현상을 과연 어떻게 설명하여야 할 것인가.

일단 정치나 경제현상이 관측되는 대상이자 주체가 바로 사람들이 모인 사회이고 보면 사회의 구조적 특성, 구성원의 이해, 현상의 파악, 연관의 옳은 인식에 근거를 두지 않은 경제이론이나 정치학설은 그 믿음성이 덜할 것이다.

이러한 관점에서 보면 「버터란피」¹⁾의 일반체계 이론과 「파슨스」²⁾의 체계이론의 사회과학적 응용이 높이 평가 받아져야 될 것이다.

일반체계이론은 생물학에서 발전된 것으로서 과학의 통합을 시도한 학술적 활동인데 1920년 「버터란피」에 의해 창시되어 세계제 2차대전 이후 여러 학자들의 호응을 받아 학문간의 교류가 활발해졌고 전문가사이의 협력이 가능해졌다.

그 결과 행태과학연구가 진행되어 모든 분야에 커다란 영향을 미치게끔 되었다.

근래에 와서 「파슨스」는 현대사회라는 체계를 인간행동체계 중의 일부로 보고 행동의 4가지 하위체계로 사회, 문화, 개체성, 행태성을 택하여 각기 그 일차적 기능으로 통합, 유형유지, 목표성취, 적응의 4가지를 들고 있다.

「파슨스」의 사회체계론을 살펴보면 그 통합, 유형유지, 목표성취, 적응의 기능을 수행하는 종속체계로 사회적 공동체, 유형유지체, 정치체 경제체를 들었으며 규범, 가치, 모임, 역할등이 각각의 구성요소가 된다고 설명한다. 이러한 긍정적인 노력에 반해 1949년 이래 정치학에 자연과학적 사고방식과 방법론을 도입하는데 가장 앞장섰던 「이스턴」³⁾이 자신의 논리 미숙, 조급한 기대감, 창의력 빈곤에 못이겨 그의 진로를 바꾸면서 여지껏의 접근방식에 비인간적이란 무책임한 누명을 씌운 행위야말로 섭섭한 일이었다 하겠다.

참된 과학지식의 활용을 돕고자 다음에 열역학, 사회열역학의 현황과 역제론, 특히 Roulette 이론의 상세한 설명을 서론의 연장으로 삼고자 한다.

2. 열역학 및 사회열역학

시간, 공간, 그리고 물질에 대하여 symmetry가 성립하는 평형상태에 관한 열역학은 카르노, 켈빈등에 의해 1800년대에 이미 완성되었다.

즉 내부에너지 E 를 가정할 때 그 변화가 열량변화와 일변화의 합으로 나타나서 결국 계 전체의 에너지는 항상 일정하게 보존된다는 제 1법칙과 $TdS \geq 0$ 이 되게 하는 항상 양의 값을 갖는 온도 T 와 상태함수 S 가 존재한다는 제 2법칙을 성립시켰다. 제 2법칙은 시간의 방향성을 결정한다. 위 두 법칙을 이용하여 다음 식을 적고

$$dE = TdS - PdV + \sum \mu_i dN_i$$

$$A \equiv E - TS \text{ 와 } G \equiv E - TS + PV \text{ 즉}$$

헬름홀츠 자유에너지와 깁스 자유에너지를 정의해 준다. 여기서 μ_i 는 i 번째 요소를 단위량 늘리는데 따라 증가된 에너지와 관련된다.

보통 개방된 체계에 평형상태가 되었다 함은 G 가 극소값을 가져 $dG=0$ 인 상태에 이르렀음을 뜻한다.

열역학이나 통계역학, 그리고 사회열역학에서 관심이 있는 계는 막대한 수의 구성요소(원자와 분자나 사람)를 가지고 있어야 됨을 전제조건으로 하고 있다.

원자나 분자의 운동은 「뉴턴」역학 또는 양자역학으로 기술된다. 물질의 평형상태에서는 거시적량은 변하지 않는다. 그러나 구성요소인 자원자나 분자의 역학량에는 큰 변화가 나타난다.

일정한 부피속에 고립된 계의 역학량인 내부에너지는 일정하지만, 바로 그 에너지 값을 보여주는 상태의 수 Ω 는 엔트로피와 $S = k \ln \Omega$ 의 관계를 갖는다고 가정하면 이것이 바로 열역학 제 3법칙이요 통계 역학으로 열역학적 측정량을 원자나 분자 사이의 힘이 주어지는 경우 계산하게끔 된 것이다.

한편 살아 있는 체계속에서 벌어지고 있는 현상들은 전혀 열역학 제 2법칙을 따르고 있지 않는 것 같다. 생명체의 세포속에서 규칙성 있는 형태로 조직된 원자들이 꿈틀거리거나 불어나고 사회의 조직형성이나 존속되려는 시도가 자발적으로 일어나게끔 되는 상황에 대한 적절한 설명을 하기 위해 「프리고진」이 행한 근평형 상태의 열역학에 대해서 알아보기로 하자.

대상물질이 높은 열원과 낮은 열원 사이에 있을 때 그 물질을 통해 열류가 흐르게 된다. 온도차이가 작으면 물질의 거시적 상태와 열류가 시간적으로 불변인 정상상태가 된다.

이때 물질은 평형상태에 있지도 않고 준정적 변화를 하지도 않았기 때문에 평형상태의 열역학이 성립될 수 없다.

이 계의 엔트로피변화 dS 를 외부(e)와 내부(i)로

$$dS = d_e S + d_i S$$

나누어 표시하고 제 2법칙을

$$d_i S \geq 0 \text{ 로 고쳐 놓으면}$$

열역학이 그대로 성립하리란 것을 「프리고진」은 주장한다.

또 국소평형의 가정하에 $P = \frac{d_i S}{dt}$ 로 정의된 엔트로피 창출 $P \geq 0$ 이 증명된다.

P 를 흐름 J_i 와 힘 X_i 로 표시하면

$$P = \sum J_i X_i \text{ 가 되고, 이때}$$

$$J_i = \sum L_{ij} X_j \text{ 이며 「온사거」의 관계}$$

$$L_{ij} = L_{ji} \text{ 가 성립된다.}$$

한걸음 더 나아가서 근 평형의 정상상태에서는 P 가 극소가 된다는 정리가 나온다.

이들 여러가지 관계에서 근평형상태는 평형상태로 돌아가려 한다는 결론을 끄집어 내게된다.

원평형상태의 경우 새로운 통계역학을 개발하여 설명하지 않고 70년대에 와서 「프리고진」학파는 국소적으로는 평형상태에 가까운 경우가 있을 수 있다고 하고 거기에 국소엔트로피가 $dS = \frac{dE}{T} + PdV - \sum \mu_i dN_i$ 의 관계를 유지한다고 주장하여 이론을 전개시켜 보았다.

이 경우에선 분기현상이 일어날 수 있으며 그 분기중 하나는 평형상태로 가려 하기도 하나 다른 분기에서는 물질의 조직화 현상이 나타나게

되었다. 바로 이 물질의 조직화가 생물체 창생의 이론적 설명이 아니겠느냐는 바람에 그들은 힘을 내어 일하고 있다.

비 평형상태가 저시적 변수로 기술될 때 량의 요동은 무시할 수 없고 바로 그것이 현상의 분기원인이 될 가능성이 크다.

즉 함수, 요동, 조직사이에 얽힌 깊은 관계를 풀기 위해 그들은 많은 노력을 하고 있는 것이다. 바로 그러한 작업 결과 「Self-Organization in Nonequilibrium System」이 1977년 출간되었다.

사회열역학이란 이름은 1978년 가을 한국화학학회에서 처음으로 필자에 의해 불리워지기 시작하였고 그해 12월 아세아 문세연구소 주최로 열린 Interdisciplinary Colloquium의 첫 의제로 채택되어서 자연과학자들의 발표와 사회과학자들의 참여로 활발한 논의와 연구가 불붙기 시작하였다.

사회의 특성이 물질세계에서의 특성과 흡사함에 주안점을 둔 액체론의 사회과학적 응용에서 비롯된 이 사회열역학은 사회현상을 사회압력, 사회부지, 사회온도, 사회엔트로피, 사회에너지 등 열역학적 변수와 비슷한 개념을 갖는 함수로 기술하여 정치, 경제, 사회이론들간의 통합, 정량적 취급을 용이하게 하되 그 기본 틀은 이미 잘 완결된 열역학의 것을 빌려오라는 착상에서 시작되었다.

이미 언급한 바와 같이 많은 수의 집단을 다룬다는 원칙이 지켜지는 한 이러한 방법은 매우 신빙성이 높아지게 되며 요동을 무시하고, 급변하는 변화현상보다 안정된 두 체계의 비교 분석에 주력한다면 매우 성공적인 결과를 얻을 수 있다. 이러한 시도가 완결되는 날 변화현상은 「프리고진」의 비평형 열역학에 의해 함께 설명되게끔 학문의 경계범위를 넓게 잡아 사회열학이라 이름하였고, 과연 이 방향의 일이 사회과학의 새로운 「파라다임」을 탄생시킬지는 부단한 노력을 경주하면서 더 기다려 보아야 하겠다.

3. Roulette⁵⁾ 액체모형

「아인스타인」⁶⁾이 고체모형을 간결히 조화진동자의 3차원적 모임으로 설명해 버린 뒤 열광적으로 쏟아져 나왔던 액체모형은 몇년전 까지만 해도 적합하다 여겨지는데 없었고 오히려 통계역학적인 이론적 접근법이 상당한 호응을 얻고 있다. 여기서는 가장 최근의 액체모델로써 마치 「아인스타인」의 달걀 밑처럼 생긴 V자형 조화진동자 포텐셜 그림을 「콜럼부스」처럼 책상에 내리쳐서 W형 포텐셜 그림으로 고쳐 액체를 실공적으로 설명한 Roulette 이론을 소개하고자 한다.

액체란 주위의 액체분자들의 배위 수가 12에서 몇개가 줄어든 상태의 여러가지 무질서한 집합체로 보는 것이 가장 타당할 것이며 따라서 주위분자들에 의해서 둘러싸인 중심의 한 분자는 Cell 내의 한 가운데 있기보다는 주위분자들에 의해서 주어지는 potential field 내에서 가장 potential이 낮은 곳을 향하여 밀려가게 될 것이다. 이것은 마치 Roulette 판 위에 구슬이 에너지 상태가 보다 낮은 바닥 쪽을 향하여 굴러가듯 주어진 potential field 내에서 어느 한 분자의 행동은 다른 분자들이 밀집해 있는 곳을 향하여 움직이게 될 것이고 이러한 움직임은 다른 분자들의 potential에 다시 영향을 주게 되어서 이러한 과정이 전체적으로 수없이 계속 반복하게 될 것이며 바로 이러한 상태가 액체의 상태일 것이다.

고체에서의 규칙성이 약간씩 깨어져 나타난 액체상태에서의 Roulette type potential을 1차원적으로 도시해 보면 마치 IR 분광흡수 그림과 흡사하다 하겠다.

보다 구체적으로 액체내의 어느 한 분자가 주위분자들이 이루는 Cell 속에서 느끼는 potential을 Lennard-Jones의 6-12 potential curve를 이용하여 구해본 결과 이중 우물의 깊이는 중심 분자가 Cell 내의 어디에 있느냐에 따라 크게 다르고 또 깊이도 Lennard-Jones가 계산한 여러 방향의 평균치 보다 훨씬 깊은 것이 많이 나타

난다는 것이 보고되어 있다.¹¹⁻¹³⁾ 따라서 cell 내의 분자의 운동을 상자속의 입자로 단순화시킬 수 없다는 결론을 얻을 수 있다.

액체상태에서 고려해 주어야 할 또 하나의 경우는 액체 분자가 어느 한 순간 고체상태에서처럼 주위 분자들에 의해서 뻥뻥히 둘러싸인 경우로서 이때 중심분자는 조화 단진자운동을 하게 될 것이며 이것은 마치 Einstein의 고체 모델과 거의 흡사한 경우이다. 또 다른 경우는 주위의 분자가 아주 싱글게 모이는 경우로서 이때는 중심분자가 그들 사이로 마치 기체의 운동처럼 빠져버릴 것이다.

결국 이상의 모든 경우를 다 고려해 줄 때 매 순간마다 액체내의 어느 한 분자가 느낄 수 있는 가능한 potential type을 그 대표적인 몇개만 표시해 보면 다음 그림과 같다.

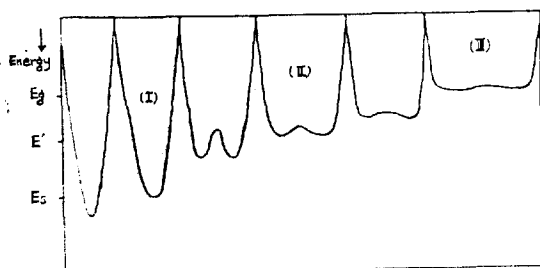


Fig. 1. Some Possible Potential Curves of Typical Liquid Molecules

이상의 모든 경우를 전부 고려해 준다고 하더라도 그 기본원칙에는 변화가 없다. 즉 모든 분자들은 potential이 낮은 쪽으로 가고자 한다는 것인데 예컨대, 온도가 올라가서 분자들의 운동 에너지가 커지면서 고체의 규칙적인 배열을 이루는 potential wall을 넘어서게 되면 다시 다른 potential이 낮은 곳을 향해서 운동을 하게 된다는 것이다. 만일 움직이는 도중 다른 분자와 충돌을 하게 되면 그때의 행로는 수정되겠지만 그렇게 수정된 행로 역시 potential이 낮은 곳을 향하여 달려갈 것이다. 온도가 더욱 올라가

서 부피가 증가하면 Cell 내의 분자의 운동은 점차 활발해져서 potential 우물의 벽과 벽사이로 튀어다니게 될 것이다. 물론 보다 더 높은 온도가 되면 cell의 외부로 튀어나가는 분자의 수가 점점 늘어나게 될 것이다.

이렇게 볼 때 액체란 cell만으로 이루어진 상태도 아니며 이상기체처럼 행동하는 hole만으론 된 상태 또한 아니다. 앞서 그림 12에서 보인 것처럼 여러가지 가능한 potential type들의 총괄적인 기여로써 액체내의 독특한 potential이 나타난다는 것인데 Roulette type potential 역시 어느 주어진 부피와 온도 조건에서 나타나는 여러 에너지의 한 일부에 지나지 않는다. 단지 그러한 조건하에서 이 Roulette type potential curve가 가장 빈번하게 나타난다는 의미일 뿐이다.

이상에서 살펴본 바처럼 액체내의 여러가지 potential 우물을 전부 고려해 주기보다는 분자 개개의 주위 환경과 그에 따른 potential의 차이에 따라 평균적으로 크게 다음의 세가지로 특징지을 수가 있다.

첫째, Einstein의 고체모델에서처럼 주위분자들에 의하여 갇혀서 진동운동만 하는 경우로서 어느 한 순간 이러한 움직임을 하는 분자들의 수를 N_s 라면 그때의 상태함은

$$q_s = (1 - e^{-\theta/T})^{-3} \cdot e^{E_s/RT}$$

과 같다(그림 2의 포텐셜 곡선 I의 경우).

이때 E_s 는 이상기체 분자와의 에너지 차이의 평균치로 둔다.

둘째, 주어진 cell 속에 갇혀서 Roulette 바닥을 둘러다니거나 또는 벽과 벽사이로 튀어다니는 cell의 바깥으로 벗어나지 못하는 경우인데 그때의 분자 수를 N_c 라면

$$q_c = \left\{ \frac{\lambda^3 k (V^{1/3} - V_s^{1/3})^2}{(1 - e^{-\theta/T})} (1 - e^{-n\theta/T}) + \frac{\lambda^3 (V - V_s)}{N} \cdot e^{-n\theta/T} \right\} e^{E_c/RT}$$

처럼 되고(그림 2의 포텐셜 곡선 II의 경우) 여기서 E_c 는 $E - E_s$ 로서 갖가지 cell의 potential의 평균값을 나타내며 θ_R 는 고체의 경우 Einstein의 특성온도 θ 보다는 다소 작은 값으

로 둔다. 끝으로 빈공간 또는 주위분자들 사이로 빠져나가는 경우로서(포텐셜코브 III) 그때의 분자수를 N_g 라면(완전한 기체는 아니다) 상태함은

$$q_g = \lambda^3 (V - V_s) e^{E_g / RT}$$

과 같고 이때에도 E_g 는 여러 가능한 potential 의 평균치로 두기로 한다(그림 2의 포텐셜 곡선 III의 경우).

이상의 세식에서 나타나는 parameter 중에서 V_s 와 θ 는 실측치에서 조금씩 변동되는 양으로 정할 수 있고 다른 변수 E_g, E_c 및 E_s 는

$$E_g = E_g' / x^n T \quad (\text{단 } x = V/V_s)$$

$$E_c = a/x^n$$

$$E_s = E + E_c$$

이며 이때 n 는 영부터 1까지의 값을 가진다. 여기서 E_g', a 가 정해 주어야 할 변수이고 E 는 대개 Van der Waals 의 a 값과 비슷한 크기와 성질을 갖는다.

이상의 세 상태함으로부터 액체 1몰에 대한 상태함을 구할 수 있다.

$$Q = \sum_{N_s+N_c+N_g} \frac{(N_s+N_c)!}{N_s! N_c!} q_s^{N_s} \cdot q_c^{N_c} \cdot q_g^{N_g} \cdot \frac{1}{N_g!}$$

윗 식에서 Σ 기호는 $N_s+N_c+N_g=N$ 이 되는 모든 경우에 대해서 합한다는 뜻이다. 이를 우선 $N_s+N_c=N-N_g$ 가 되는 모든 경우에 대해서 합하고 다음에 $N_g=0$ 에서부터 $N_g=N$ 까지 합한다.

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{N_g=0}^N \sum_{N_s+N_c=N-N_g} \frac{(N_s+N_c)!}{N_s! N_c!} q_s^{N_s} \cdot q_c^{N_c} \cdot q_g^{N_g} \cdot \frac{1}{N_g!} \\ &= \sum_{N_g=0}^N (q_s+q_c)^{N-N_g} \cdot q_g^{N_g} \cdot \frac{1}{N_g!} \\ &= (q_s+q_c)^N \sum_{N_g=0}^N \left(\frac{q_g}{q_s+q_c} \right)^{N_g} \cdot \frac{1}{N_g!} \\ &= (q_s+q_c)^N \exp \left[\frac{q_g}{q_s+q_c} \right] \end{aligned}$$

윗식의 결과는 전식에서 가장 큰 항을 취해도 역시 얻어진다. 즉 가장 큰 항을 Q_N 으로 두면

$$\ln Q_N = (N_s+N_c) \ln(N_s+N_c) + N_s \ln(q_s/N_s) + N_c \ln(q_c/N_c) + N_g \ln(q_g/N_g) + N_g$$

여기서 $(\partial \ln \theta_N / \partial N_s) \cdot N_s \cdot N_c = 0$ 의 평형조건을 이용하면 $N_s/N_c = q_s/q_c$ 의 관계를 유도할 수 있고 이를 θ_N 에 대입하면 다음과 같다.

$$\ln \theta_N = (N - N_g) \ln(q_s+q_c) + N_g \ln q_g - N_g \ln N_g + N_g$$

다시 $(\partial \ln \theta_N / \partial N_g) = 0$ 의 조건에서 부터 $N_g = \frac{q_g}{q_s+q_c}$ 가 얻어진다. 이를 다시 θ_N 에 대입하여 정리하면

$$\theta_N = (q_s+q_c)^N \exp[q_g/(q_s+q_c)]$$

이 된다.

그러나 보다 간단한 상태함을 얻기 위하여 parameter 수를 줄여주면 cell 내에 갇혀 운동하는 분자들의 상태함을 나타내는 식(5-2)는 다음과 같이 간단한 형태로 바뀔 수 있다.

$$q_c = \frac{\lambda^3 (V - V_s)}{N} \cdot e^{E_c / RT}$$

따라서 전체 상태함은

$$Q = \left[(1 - e^{-\theta/T}) \cdot e^{E_s / RT} + \frac{\lambda^3 (V - V_s)}{N} \cdot e^{E_c / RT} \right]^N \exp \left[\frac{q_g}{q_s+q_c} \right]$$

와 같이 간단히 표시된다. 보통 임계점 이하의 온도에서는 분자들의 분율은 매우 적을 것이므로 exponential 항 이하는 단순히 1로 둘 수 있고 그렇게 되면 상태함은 더욱 간단한 꼴로 바뀔 수 있을 것이다. 이같은 약식 표현은 분자의 열역학적 양들에 대하여 대개의 근사적 값을 예측하는데 매우 편리한 구실을 해줄 수 있다.

또한 이렇게 유도된 상태함이 고체 및 기체의 상태함으로도 쓰여질 수 있다는 것이다. 즉 계의 부피를 V_s 로 줄여주면 q_g 와 q_c 에 대한 항은 없어지고 q_c 만이 남아서 결국 Einstein 의 고체 model 로 유도한 분배함수만이 남게 된다. 반면 계의 부피를 V_g 로 늘여주면 $\exp[q_g/(q_s+q_c)]$ 항은 e^N 이 되고 $q_s \ll q_c$ 가 되는 까닭에 분자 전체의 상태함은 다음과 같이 변한다.

$$Q = \left[\lambda^3 \cdot \frac{(V - V_s)}{N} \cdot e^{E_c / RT} \right]^N$$

그러므로 이러한 기체의 상태함으로부터 압력에 관한 표현식을 예로 들 때 완전히 Van der

Waals 식과 일치하고 만다.

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - V_s) = RT \quad (E_c = a/V)$$

따라서 기체상태 방정식이 되면서 l 라는 communal entropy가 아무런 무리없이 자연스럽게 도입된다. 이같은 결과는 액체일 경우 여러가지 형태의 분자운동을 가정하여 엔트로피를 늘려 주었기 때문에 cell model에서처럼 액체 및 기체에서 분자는 communal entropy를 가질 것이라는 무리한 가정을 설정한 필요가 없다는 것이다. 또 한가지 장점으로 밝혀둘 것은 임계점에서 n 값을 적당히 조절하여 합리적인 PV/RT 값을 얻어낼 수 있다는 것이다.

이상과 같이 요약해 볼 때 결론적으로 cell⁽⁷⁾ 이론과 SST⁽⁷⁾를 통합한 형태의 액체론이 액체의 진정한 구조와 특성을 다 잘 설명하고 있으며 그러한 model의 기본개념이 바로 Roulette type potential에 잘 나타나 있다고 볼 수 있다. 즉 Roulette 형의 potential을 느끼는 액체분자는 항상 낮은 potential 에너지를 갖는 쪽으로 가고자하는 움직임을 쉬지 않고 한다는 것이다.

4. 사회와 액체

앞에서 본 액체속 분자의 특성은 사회의 사람들에게도 그대로 발견된다.

예전의 노예제도가 있을 때는 더욱 그랬었고, 반상제도에서 상놈이라 불리우던 사람들, 그리고 오늘날 시베리아나 사막, 오지등에서 노동을 생계수단으로 삼는 무리들을 고체와 같은 자유도를 갖는 액체속 분자에 비유하면 되겠다.

인위적으로 군대조직의 하부구조 역시 잠정적 기간이긴 하지만 고체와 같은 움직임을 한다 하겠다.

예나 이제나 기체와 같은 자유도를 갖는 분자에 비유될 사람들의 수는 전체 사회구성 인선에 매우 적은 특성을 지닌다.

정계, 경제계, 종교계, 문화계의 엘리트들의 수는 그다지 많지 않은 반면 그들이 갖는 포텐셜에너지(잠재능력)나 운동에너지(활동력)는 다른 사람들에 비해 훨씬 크다.

위에 언급된 엘리트층과 다른 무엇으로 전신하기 힘든 처지에서 최저 생활을 영위하는 층의 에는 그 전도차이가 있을 따름의 운동에너지, 자유공간, 포텐셜 에너지를 갖고 변화추구가 가능하다. 즉 교육받고 직장을 구해 일하다가 자리를 옮기기도 하고, 자유업에 종사하기도 하는 대부분의 소시민이 이 계층에 속한다 하겠다.

이러한 분자, 혹은 사람들의 처지는 주위의 다른 분자나 사람들에 의하여 그 환경이 결정되고, 자신의 에너지 상태가 움직임의 정도차이가 나게 된다. 이런 움직임이나 존재 자체가 바로 그 옆의 분자나 사람들에게 영향을 미치게 되는 것은 사회학의「상징적 상호작용론」과 그 입장을 같이한다.

특히 유동성 있는 경험세계의 의미를 각성적 개념을 통해 제대로 느끼고 파악하여 이론을 구성할 것을 주장하는 「터너」⁸⁾의 구미에 맞는 이론과 방법과 활동방안이 제시된 셈이다.

분자 하나 하나의 움직임에 방향이나 운동량을 예측할 수 없으나 많은 수의 경우라면 방향성이 없는 점과 에너지 분포가 밝혀지듯, 사람 개개인은 그들 감정이나 의지에 따라 자기 다른 길을 걷고 달리 반응하고 달리 행동한다 하여도 많은 수가 모인 집단일수록 참됨, 아름다움, 착함의 정도에 있어서 그 분포가 분자의 경우나 비슷하게 나타나고 있다. 사회속 사람들이 입장이 바뀌는 경우 역시 액체론은 이해하고 있으나 인간 삶의 제약성과 새로운 생명의 탄생에서 성숙기까지의 허리를 혼합용액이론으로 다루어야 할지는 아직 정해진 바 없다.

다음은 액체가 같은 질량의 고체나 기체에 비해 온도 1도 올리는데 더 많은 열량을 필요로 한다는 특성이 사회에서도 발견된다는 점이다.

전체주의 국가에서 배급제도가 실시되고 있었다면 경제력의 증가를 인구수로 나누어 흑빵에서 흰빵, 거기다 건충도나 호도를 박는 사태가 곧 벌어지고, 여러가지 혜택이 눈에 보이게 돌아 가게 된다.

즉 새로운 국면의 새기둥이 나타나는 반면 현 사회 같은 경우 고체같은 분자가 Roulette속 분자로 Roulette속 분자들이 기체같은 분자층으로

바뀌는 현상 즉 저소득 노동자들이 차차 중산계급, 중산계급이 상류층으로 그 인구비단을 바꾸지 상류층이 새로운 문화창조쪽으로 가도 그 수가 얼마되지 않아 사회전체의 새기운을 진작시키기는 힘들게 된다.

기체의 열용량의 경우 통계역학적 해석으로도 액체보다 그 값이 작음을 알 수 있다.

기체가 차지하는 부피가 커서 상호작용의 기체가 적고 있더라도 거리가 멀기 때문에 그 크기가 작다. 따라서 상호작용은 각 분자의 운동에너지에 비해 보잘것 없으며 밖에서 에너지가 공급될 때 에너지 분포곡선의 모양을 그다지 많이 바꾸지 않은 채로 에너지를 분산시킨다.

이상에서 본 바와 같이 사회는 여러 계층간에 변환이 나타나도록 하고 그때마다 잠열을 흡수함으로써 사회여건의 변화가 적어서 사회는 안정을 누릴 수 있도록 자구책을 갖추고 있는 셈이다.

그러나 이 점은 국민 복지를 쉽게 향상시킬 수 없는 결점이 있고 반면 어려운 경제여건에서 오래 견뎌낼 수 있는 이점이 있다.

유동성에 대해서는 사회와 액체가 공통된다. 제한된 유동성, 그 속에서 일어나는 확산현상, 섞이고 녹는 현상 등에 매우 커다란 유사성이 발견되고 있다.

특히 표면장력, 모세관 현상, 상 평형그림, 특히 상분리 현상과 그 해결 방안, 상호작용의 기구 등을 하나 하나 따져 보면 사회와 액체를 비슷한 방법으로 다루면 편할 것이라는 확신이 생기게 된다.

다음에 간단한 상평형 그림을 그리고 구체적인 사회과학적 응용례를 보이고자 한다.

5. G. Lowell Field⁹⁾의 정치이론의 근거

코넬대학에서 오랜동안 비교 정치학을 강의하던 「필드」는 20여년의 연구결과를 다음과 같이 집약하고 있다.

사회 집단의 형태를 다음 표에 나와 있는 것처럼 세가지 유형의 4가지 발전단계로 나누어 생각하면 여지껏 지구상에 나타났던 모든 정치

및 사회집단을 다 포함시키고 그 변화현상을 설명한다는 것이다.

「필드」의 집단 유형구분

집단의 성격	사회 경제 발전 정도			
	1 단계	2 단계	3 단계	4 단계
합의형	시민공동체		대의합의체제 (미레체제)	
주축형	전통체제	양분체제	유전 3분체제	(")
			무전 3분체제	
이념형	급진평등의	전체주의체제		(")

표에서 이야기하는 발전의 단계는 우연히도 정책 결정관여자의 백분율의 수치에 따라 임의로 구분을 하고 있는 바 바로 이것은 기체와 같은 자유도를 갖는 분자의 비를 통계역학적으로 구할 수 있음을 비추어 매우 다행한 일이라 하겠다.

그리고 만일 합의형에는 물질의 3태중 기체 상태를 이념형에는 고체상태로 대응시키고 주축형에는 고체와 기체의 평형선을 맺어주던 제2 단계를 삼중점으로 잡고 제3 단계의 무전유전을 고체, 기체쪽의 액체영역에 대응시킬 수 있다. 그러나 전통체제의 경우에서 보았듯이 고체와 기체의 평행선을 따라도는 것이 훨씬 안정하다는 것은 이미 잠열의 설명으로 자명하게 되었으니 실제로 액체와 기체, 액체와 고체의 평행선을 각각 3단계의 합의형이나 이념형과 대응시키거나 유전 및 무전 3단계에 해당시키는게 옳을 듯하다.

상변화가 진행될 때 드는 열량변화를 그때의 온도로 나누면 두 상의 엔트로피 차이가 된다. 이것은 일종의 혁명, 개혁을 다룰 때 유용한 개념이요 방법이다.

명치유신이나 산업혁명, 미국에서의 서부개척시대 등 결정관여자의 비가 크게 변하지 않은채 몇십년씩 가는 현상에 해당한다 하겠다.

상평형 그림을 꼭 P-T 곡선만 가지고 따져서는 많은 사실 선명이 곤란하다. S.T.V.P.E.H 등의 열역학적 변수로 물질의 상태 설명하는 예는 그림의 입체 모형을 어떤 두개의 변수만을 Z

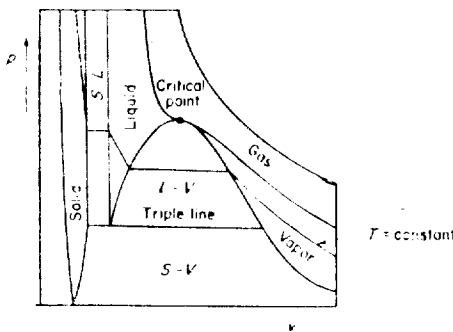
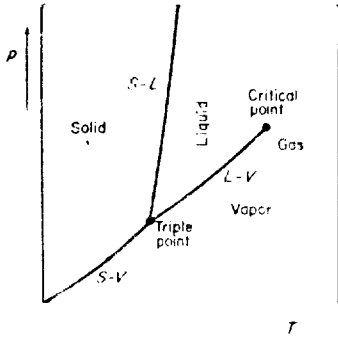
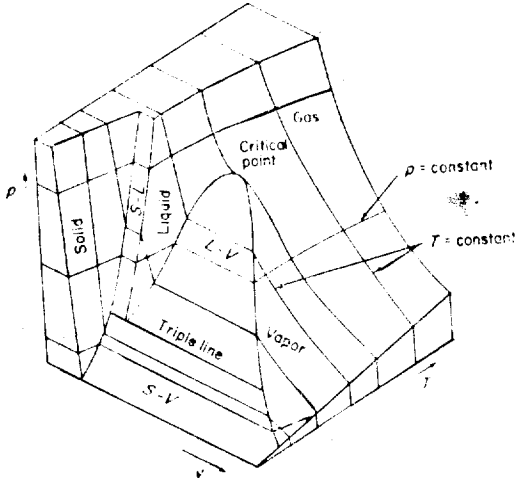


Fig. 2. Pressure-Volume-Temperature Surface and Projections for a Substance which Contracts on freezing.

차원적으로 나타내 주는가에 달렸음을 알았을 것이다. 삼차원적인 모형그림이 더 설득력이 있고 차차 다차원적 변화를 나타내는 방법도 소개

줄가 한다.

「월트」가 주장하는 체제변화의 방향은 사회경제 발전단계가 증가하는 방향으로 삼았으나 혁명적, 급진적 변화는 발전단계의 차이 없이 수행된다.

1978년 가을에 행해진 정치학회의 연구 발표회에서 「Socio-Economic Developments and Systemic Changes in two Koreas」란 제목으로 한배로 교수가 월트의 이론을 소개할 때 상평형 그림으로 이론적 뒷받침을 하는 액체론의 사회과학적 응용을 함께 보여주었다.

예를 들어 에너지가 부족한 소련이 미국과 맞먹는 경쟁력을 유지하기 위해서는 사회온도는 낮추면서 사회압력을 높이는 방향으로 집단의 형을 갖추고 있음을 지적하였고, 일이란 바로 이 사회압력에 사회부피를 곱하는 것으로 나타나되 표면장력 곱하기 넓이나 힘에다 거리를 곱한 것과 단위가 같게 되도록 추상적인 일일까지 고려 대상에 넣은 복합적인 양으로써의 사회압력을 생각해 주어야 한다.

사회온도 역시 정치의식, 경제수준, 문화정도를 복합적으로 나타내주는 단위가 되어야 한다. 이 사회온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 사회에너지가 흐른다. 보통 방향이 바뀌었다고 여겨지는 재화가 없는쪽에서 있는쪽으로 흐른다는 사실은 그 반대급부로 있는쪽에서 상당한 사회일이 행해지고 있음을 잊지 않아야 하겠다.

사회 엔트로피는 오히려 이해되기 쉽다.

자유와 연관이 깊은 변수로써 조직의 다양성과 진업의 가능성이 커질수록 사회 엔트로피는 커진다.

사회구성이 복합적인 집단들의 복잡한 섞임으로 되어 있을수록 엔트로피는 커지게 되어있다.

「볼쯔만」이 유도하면 $S = k \ln \Omega$ 에서 Ω 의 수가 늘면 자연히 엔트로피가 늘게 된다. 이 엔트로피는 김스의 자유에너지 계산에 T 를 곱해 에너지단위로 기여를 한다.

이것은 자유라 해도 지식인들의 자유와 노동자들의 자유가 사회에 미치는 영향에 차이가 어떻게 나는지 정량적 계산을 해낼 방법의 방향제시를 하는 것이다. 또한 해방후 민족의 비극인

국토 분단이 30년 동안의 양쪽 집단의 이질화를 빚어내어 그 차이가 얼마나 났을가 하는 궁극증과 한국민족에 대한 상 평형 그림의 평형선 그림의 평형선 기울기를 속시원히 가르쳐 줄 수 있는 길은 $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \equiv \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$ 의 식에서 찾아지게 된 것이다.

대의합의주의 국가의 경제정책이 통제쪽으로 기울고 이념형 국가들의 자유로운 경제체제로 바뀌어 오는 추세는 온세계의 자원 및 동력문제가 해결되지 않는 한 필연적이다. 앞으로 이삼십년 비슷한 추세로 나아가겠으나 다행히도 핵융합의 기술 터득으로 에너지 문제가 해결된다면 사회는 온도와 압력이 점차 높아져 임계상태에 이르게 될 것이다.

과연 거기서 $(\partial P/\partial V)_T=0$ 의 관계가 성립하게 될지, 또 개인의 자유만이 높이 평가되는 삶의 추구가 어떤것일지 액체론의 연장으로 미루어 짐작하고자 한다.

그렇게 되면 「월드」의 분류대로 대의합의형제 4단계 즉 유토피아적 사회로 치닫는 추세가 확실해져, 공산주의나 전체주의의 파멸인 당연한 것으로 여겨지게 될 것이다.

액체의 경우도 온도가 올라감에 분자속 원자간 거리가 늘어나듯, 사회가 변하면서 구성원인 사람 자체의 개성들이 바뀌게 되는 것을 항상 염두에 두어야 된다. 그래서 민족마다 특이한 상평형 그림을 마련하고 그 모양과 기울기가 수시로 바뀐다는 사실로 감안하여 정치적 이론의 기본을 삼아야 한다.

6. 맺음말

과연 이땅에 사회과학의 새로운 패러다임이 태어날 것인가? 또 비평형열역학의 응용이 화학분야에서 꽃필 것인가? 기다려보자는 담보다는 노력하여 그렇게 되도록 하자는 적극적인 사고방식하의 연구활동이 요구되는 시대이다.

자연과학, 사회과학을 따지지 말고 현대인의 기본 상식으로 열역학 제1, 제2법칙 등을 가르치면서, 지구의 암담한 장래를 겁내는 대중을 확신을 가지고 선도하여 낙관적 견해가 빛을 보게끔 과학과 기술의 독려를 해야 할 것이다.

그리하여 그런 날들이 우리 앞에 펼쳐졌을 때 그다지 열광하거나 더욱이 당황하지 않고 미리 구상한 이상향에서의 살림을 진지하고 감사한 마음으로 꾸며나가게 되리라 확신한다.

References

- 1) Ludwig von Bertalanffy, General System Theory, Georg Braziller, New York, 1968. 이용필, 정치체제론, 대왕사, 서울, 1978.
- 2) Talcott Parsons, The System of Modern Societies Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall, 1971. Talcott Parsons, Politics and Social Structure, New York, The Free Press, 1969.
- 3) David Easton, A Framework for Political Analysis, Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall, 1965.
- 4) Ilya Prigogine, *Physics Today*, **23** (1972), *ibid*, **38** (1972). Ilya Prigogine & P. Glansdorff, Thermodynamic Theory of Structure Stability and fluctuatinos, Wiley Interscience 3rd ed., 1974.
- 5) D. Choi, H. Park, M. Kim, *J. of Korean Chemical Socing*, **22** (1978) 1.
- 6) A. Einstein, *Ann. Physik*, **22** (1907) 180.
- 7) Ilya Prigogine, The Moleclar Theory of Solutions, North Holland Publishing Co. 1957. John A. Barker and Douglas Henderson, *Review of Modern Physics*, **48** (1976) 587.
- 8) Jonathan H. Turner, "The Structure of Sociological Theory;" Homewood, **III**; The Dorsey Press 1974.
- 9) G. Lowell Field, Comparative Political Development: The Precedent of the west (London; Routledge+Kegan Paul, 1967).

저자 약력

최동식 박사는 서울대학교 화학과 및 대학원을 졸업하고, Univ. of Va. 에서 1971년에 Ph.D. 를 획득하였으며, 1972년부터 고려대학교 화학과에 재직중이다. 저자는 현재 이론물리화학중 통계열역학, 액체론 및 그 응용연구에 관심을 두고 있다.