

기원에 관한 열역학적 논의에 대한 소고

Review of New Thermodynamic Considerations on the Origin

이 광 원

1. 들어가면서

기원문제를 논함에 있어 열역학 법칙, 특히 제2법칙은 그동안 창조론자와 진화론자들이 각기 자기 이론을 정당화시키는 도구로 흔히 사용되어 왔다.

창조론자들은 열역학 제2법칙 - 엔트로피 법칙 혹은 무질서도 법칙 - 에 따르면 진화 모델은 점진적으로 질서도(degree of order)가 증가하는 방향으로 진행되므로 제2법칙에 위배되며 그러므로 진화모델은 자연법칙과 모순되는 것이라고 주장한다.¹⁾ 반면에 진화론자들은 다윈 이후로부터 생물학의 자율성(autonomy of biology)을 주장하면서 생명에 관한 법칙은 물리, 화학에 적용되는 자연법칙을 따르기 보다는 생명 고유의 법칙, 즉 점진적으로 질서도가 증가하면서 구조가 복잡해지는 반엔트로피 법칙(Negentropic Principle)을 따른다고 주장하여 왔다. 그러

나 최근에는 진화모델도 열역학법칙에 따르며 이에 대한 증거를 우주진화나 화학진화 그리고 생물진화 등 각 영역에서 찾아볼 수 있으며 이러한 열역학 법칙은 오히려 진화모델을 견고히 하는 인식론적 근거 또는 배경가정(background assumption or paradigm)이 될 수 있다는 주장이 대두되었다.²⁾

이와같이 같은 물리학적 법칙을 놓고 서로 상반되는 주장을 펴게 되는 원인은 무엇일까? 그것은 열역학 법칙이 일반화 되어 온 역사에 기인한다고 볼 수 있다. 고전적 열역학 법칙은 모두 폐쇄계(closed system)에서의 평형상태(equilibrium states)를 다루는 것이었다. 여기서 도출된 열역학 제1법칙은 에너지 보존법칙이 되고 제2법칙은 엔트로피 법칙, 즉 무질서도(disorder)증가의 법칙으로 나타났다. 그러나 최근에 핵분열과 핵융합 현상의 발견과 양자역학의 등장으로 통계 열역학이 정립되면서 비평형 열역학

(Nonequilibrium Thermodynamics) 분야가 등장하여 고전적 열역학 법칙에 대한 이해도를 복잡하고 다양하게 변화시켰다. 예로 비평형 열역학에서는 개방계(open system)에서 일어날 수 있는, 전체적으로는 엔트로피가 증가하지만 어떤 조직체 (organisms)에서는 엔트로피가 감소하는 즉 질서도가 증가하는 현상을 잘 설명할 수 있다. 이와같은 열역학 법칙의 적용범위의 확대는 기원문제에 대한 열역학적 논의를 복잡하게 만들었고 극단적으로 상반되는 주장을 펴게 되는 원인이 된 것 같다.

본 소고에서는 최근 진화론의 위기를 맞은 진화론자들이 주장하고 있는 비평형 열역학에 근거한 진화론의 과학적 증거들을 검토하여 그들 논리의 타당성을 살펴보고 그것들이 가지는 문제점과 한계를 제시하고자 하며 아울러 창조론적 입장에서 우리가 견지해야 할 바가 무엇인지를 간단히 소개하고자 한다.

2. 열역학 법칙의 일반화

우주의 모든 물질계에 적용되는 가장 대표적인 자연법칙으로서의 열역학 법칙은 1834년 Sadi Carnot와 1840년 James Joule 과 Robert Mayer에 의해 열과 기계적 에너지는 일정한 비율로 상호 변환 가능하다는, 즉 다

른 말로 표현하면 에너지가 보존된다는 제1법칙이 정립되었다. 이어서 1850년 Rudolf Clausius와 William Thompson은 모든 자연적 과정은 새로운 물리적 상태량인 엔트로피를 발생시킨다는 제2법칙을 정립하였다. 이 법칙은, 달리말해서, 폐쇄계에서의 에너지는 보존되지만 시간이 지남에 따라 그 에너지의 유용성(availability) 또는 자유에너지(free energy)는 감소한다는 사실을 말하고 있다.

위에서 말한 열역학 법칙들을 쉽게 이해하기 위해 모두가 잘 인식하고 있는 에너지 위기 문제를 이 법칙들로 설명해 보자. 지구를 하나의 폐쇄계로 가정하면 제1법칙으로 볼 때 에너지 위기 문제는 설명되지 않는다. 왜냐하면 에너지는 폐쇄계 내에서 보존되기 때문이다. 그러나 우리가 말하고 있는 에너지 위기는 우리가 활용할 수 있는 에너지의 고갈로 야기되는 문제이므로 제2법칙에 의해 잘 설명될 수 있다. 즉 시간이 경과함에 따라 또는 무분별한 남용으로 말미암아 에너지의 유용성(자유에너지)이 계속적으로 떨어져 결국 대부분의 에너지가 회수 불가능한 에너지로 변화할 때의 상황을 우리는 에너지 위기 상황이라고 말하는 것이다.

열역학 제1,2법칙은 처음에는 모두 거시적

필/자/소개



이광원박사는 경북대 기계공학과를 졸업하고 한국과학기술원에서 핵공학을 전공으로 석사, 박사학위를 취득하였다. 현재 원자력 연구소에서 원자력 발전소 설계에 필요한 안전해석업무를 담당하고 있다.

대전 새순교회 집사로 한국창조과학회 대전지부강사이며, 기독교대학설립동역회 월보담당및 대전지부장으로 일하고 있다.

관점(macroscopic view)에서 정립되었으나 그 이후 Rudolf Clausius, James Clerk Maxwell, Ludwig Boltzmann에 의해 거시적인 열역학적 상태량인 온도, 압력, 엔탈피 등을 미시적인 기체 분자들의 동적인 거동과 관련 시키려는 노력에 의해 1870년 Boltzmann은 엔트로피를 통계학적으로 정의하였다. 그의 정의에 따르면 엔트로피는 분자 수준에서의 무질서도(disorder)의 척도로 이해되었다. 또 최고로 무질서한 상태가 바로 열역학적 평형과 일치함을 알게 되었다. 이러한 Boltzmann의 정의는 열역학 제2법칙의 적용 범위를 크게 확대시켜 가장 포괄적인 자연법칙으로 자리잡게 하였다.

1946년 Claude Shannon은 더 나아가 Boltzmann의 엔트로피 정의를 열역학적 문맥(thermodynamic context)으로 부터 해방시켜 수학적 통신이론(mathematical theory of communication) 즉 정보이론(information theory)에 적용시켰다. 이러한 시도는 많은 과학자들이 이 이론을 생물학적 질서(biological order)를 과학적으로 설명하는 도구로 사용하도록 하였다. Darwin과 Kelvin경 간의 논쟁을 기점으로 서로 어울릴 수 없는 대립 관계를 가졌던 열역학과 생물학 간의 대화와 타협이 여기서 부터 시작되어 상호간의 오해와 뒤엉킨 많은 난제들을 풀수 있는 실마리를 찾게 되었다고 일부 진화론자들은 주장하고 있다. 그러나 아직도 많은 진화론자들은 Darwin이 가졌던 '생물학의 자율성'을 주장하며 이러한 시도를 일축하고 있다.

열역학 제2법칙의 일반화를 수식적으로 파악하기 위해 간단한 수식들을 소개하면 다음과 같다. 거시적 관점에서의 제2법칙은 다음과 같이 표현된다.

$$dS = dQ/T \geq 0 \quad (1)$$

여기서 dS, dQ 는 각각 엔트로피 변화량과 총 가역적 열전달량(net reversible heat transter)을 나타내고 T 는 계의 온도이다. 그리고 에너지의 유용성의 척도가 되는 Gibb's Free Energy는 $G=H-TS$ 로 표현되며 이때 H 는 엔탈피를 나타내고 있다. 이 수식은 엔트로피 S 가 증가하면 자유에너지 G 가 감소됨을 보여준다.

미시적 관점의 제2법칙은 Boltzmann의 정의에 따라

$$S_0 = K \ln W \quad (2)$$

로 주어진다. 이때 K 는 Boltzmann의 상수이고 W 는 주어진 Macrostates에 속하는 균일하게 분포한 Microstates의 숫자이다. 이 수식의 의미하는 바는 열역학적 계(system)의 Microstates에 대해서는 알 수 없으나 (왜냐하면 microstates는 임의로 (randomly) 움직이므로) 이것들의 Macrostate가 있다면 (예, 형질(phenotype)) 다양한 Microstates(예, 유전자형(genotype)) 중에서 어떤 것이 그것을 출현시켰는지는 모르지만 결과적으로 Macrostate에 대하여서는 열역학적 상태량인 엔트로피를 결정할 수 있다는 것을 의미한다.

만약 Microstates가 균일하지 않거나 (heterogeneous or nonequilibriate) 분포하고 있으면 (2)식은 약간 수정되어 다음과 같이 주어진다.

$$S = -K \sum_i w_i \ln w_i \quad (3)$$

여기서 w_i 는 비균일한 Microstates의 출현 확률로서 모두 합하면 1이 되는 양을 말한다.

Shannon은 바로 이 수식을 정보이론에 적용하였다. 식(3)으로 부터 Information, I 는 Negative Entropy로 정의된다. 그러나

David Layzer는 보다 합리적이고 일반적인 엔트로피와 Information 관계식을 아래와 같이 제시하였다.³⁾

$$I = S_{\max} - S \quad (4)$$

여기서 S_{\max} 는 Microstates가 균일하게 아무런 제약(constraints) 없이 분포한 경우의 값이다. 이 수식의 의미는 비평형 열역학에서 평형 열역학과는 달리 Information이 저절로 생길 수 있음을 보여주고 있다. 이러한 수식들이 가지는 보다 자세한 의미는 다음 장에서 기술될 것이다.

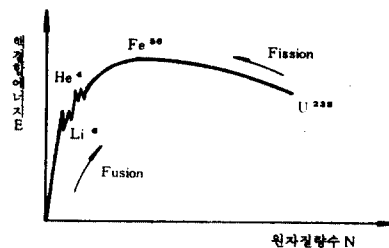
3. 비평형 열역학과 진화모델

열역학 제2법칙이 처음 알려진 19C는 많은 사람들이 이 개념을 우주에 적용하여 전 우주는 엔트로피가 최고가 되는 열역학적 평형 상태로 진행하여 종국에는 '우주의 열사망(Heat Death of the Universe)'을 맞게 될 것이라고 생각하였다. 그러나 근래에는 대폭발이론(Big Bang Theory)에 근거하여 초기의 균일하고 열적으로 평형상태인 고온 기체가 폭발적으로 팽창하면서 비평형 상태로 광범위한 온도 분포를 가진 은하계, 별, 행성, 그리고 기타 성진 등을 형성하였고 그것들 중에서 적어도 어느 하나에는 고도로 조직화된 구조를 형성하여 생명을 탄생시켰다고 본다. 이러한 우주 진화모델에서는 우주가 팽창하면서 비평형 상태로 전개되므로 '열사망' 같은 것은 있을 수 없으며 오히려 점진적으로 조직화되는 그리고 다양화되는 원동력을 자체적으로 가지고 있다고 본다.

그러면 우주진화를 가능하게 하는 그 원동력은 어디서 나오는 것일까? 이 질문에 대한 대답은 Steven Frautschi⁴⁾와 David Layzer³⁾에 의해 다음과 같이 주어졌다. 즉 대폭발시 핵 및 중력적 비평형(nuclear &

gravitational nonequilibriums)과 우주팽창으로 인한 자유에너지의 지속적인 증가가 가능하여 그것이 우주진화의 원동력이 된다는 것이다.

여기서 핵적 비평형은 다음과 같이 이루어진다. 대폭발 이전에 핵들은 고온으로 평형 상태를 유지하다 순간적으로 (약1초) 온도가 핵결합 에너지 밑으로 떨어지면 핵융합에 의해 헬륨이 대량으로 생성된다. 이때 계속적으로 평형상태가 유지되면 결합에너지가 제일 높은 철이 생성되겠지만 핵결합에너지 곡선상의 헬륨고개(Helium Crevasse) <그림1 참조>와 양자와 헬륨 간의 Coulomb 반발력으로 더 이상의 핵반응은 일어나지 않은 상태로 수소와 헬륨은 비평형 상태로 남게 된다. 이 과정에서 남게 된 자유에너지($\Delta G = S_{\max} - S$)는 다시 핵합성이 일어날 때 사용될 수 있다.

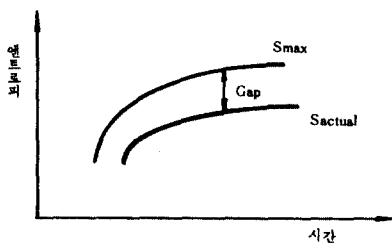


<그림(1)> 핵결합 에너지 곡선도

중력 비평형은 우주의 배경 복사열(3K)이 균일하게 나타는 현상을 설명하려면 필연적으로 고려되어야 하는 것으로 Guth & Steinhardt(1984)의 Inflation Theory에 의하면 열적 및 화학적으로는 평형 상태이면서 중력적으로는 비평형 상태인 Self - Gravitational System이 형성된다고 한다. 이러한 현상의 극단적인 예가 바로 "Black

Hole"이다. Self - Gravitational System 이 응축하면 많은 복사열과 새로운 입자들을 방출하면서 엔트로피를 증가시켜 그 주위 계들에게 많은 자유에너지를 부여하게 된다고 주장하고 있다.

또 우주 팽창속도가 자연적 조정속도, 즉 물질들이 반응하여 평형을 이루는 속도보다 빠르면 항상 비평형 상태가 되므로 이러한 상태에서는 계속적인 자유에너지의 축적이 가능하다고 한다(<그림2>참조). 이러한 추상적 설명에서 왜 초기상태가 균일하고 평형인 상태이었고 그리고 또한 왜 폭발적 팽창이 이루어졌는지에 대한 언급은 없다.



<그림2> 비평형 열역학적 계에서의 자유에너지 또는 Information 생성

다음은 어떻게 이러한 과정 중에서 생명체가 발생할 수 있게 되었는가에 대한 답변이 요구된다. 이에 대한 설명은 크게 두 가지로 나누어 살펴볼 수 있다. 즉 생명체 발생 이전 상태(prebiotic)에서 원시생명 구조(proto-biotic structures)로 어떻게 진화할 수 있었는가 하는 문제와 종발생(speciation)과정과 생태계의 계층구조(hierarchies of ecological system)간 관계를 어떻게 설명할 것인가의 문제이다. 이에 대한 답변은 많은 논란이 있다. 이러한 논란의 중심주제는 과연 열역학 제2법칙의 엔트로피 개념을 생태계의 복잡한 구조에 적용할 수 있는가 하는 문제이다. Jeffrey

S.Wicken⁵⁾과 John Olmsted III⁶⁾는 엔트로피 개념을 화학진화 수준, 즉 생명체 이전 조직의 형성과 이로부터 생명체 구조가 형성되는 과정에는 적용할 수 있지만 (Macrostates / Microstates Distinction 개념을 적용) 생태계의 복잡한 구조를 설명하는 데는 사용할 수 없다고 주장한다. 그러나 John Collier⁷⁾와 Lionel Johnson⁸⁾은 이러한 개념을 생태계에도 적용할 수 있다고 주장하면서 생태계 내의 구성요소 간의 Macrostates / Microstates Distinction을 고려하면 엔트로피 내지 Information 개념을 바로 적용할 수 있다고 말하고 있다.

결국 이러한 논란은 단지 열역학 법칙을 진화모델에 적용할 수 있는가 라는 오랜 문제의 새로운 극면을 나타낼 뿐이며 아직도 이러한 논란을 잠재울 강력한 증거나 이론은 나타나지 않고 있다. 다음에서는 이러한 논란의 세부적 사항을 두 가지 측면에서 살펴보기로 한다.

첫번째 논의된, 즉 생물발생 이전에서 원시 생물 발생까지의 화학진화적 논의이며 여기서의 쟁점은 자연적 조직형성(natural organization)이 과연 가능한가 또는 자기발생적(self-organizing) 장치와 과연 존재하는가의 문제이다. 이 문제에 대한 해답은 Darwinism과 분자생물학적 발견에 따라 수정된 Neo-Darwinism에서는 외부요인인 적응력(adaptive force)에서 찾는다. 이러한 외부요인인 적응력을 기초로 한 설명은 처음 설정된 목표에 따라 진행된다는 점에서 목적론적(teleological)이며 '생물학의 자율성(autonomy of biology)'을 전제로 한 것이고 과학적 논의인 어떻게 이것이 가능한가에 대한 질문에 답변할 수 없는 문제를 안고 있다. 그러나 최근의 확장된 통합이론(expanded synthesis theory) 또는 새로운 통합이론에 입각한 진화론자들은 비평형 열

역학과 생물학을 접목시켜 개방계에서 분자들이 비평형 상태로 순환하면서 보다 복잡한 구조로 전개되고 이때 생성된 자유에너지로(주위계의 엔트로피 증가의 대가로 내부계의 엔트로피 감소 효과로 얻어짐) 자율촉매작용(auto catalytic)을 할 수 있는 장치가 만들어져서 자연선택(natural selection)에 의해 보다 효과적으로 에너지 자원을 활용하는 방향으로의 복잡하고 질서도가 높은 생명체가 만들어 진다고 주장한다. 이러한 주장은 진화론의 목적론적 문제를 극복할 수 있으며 열역학적 제2법칙이 초기에 상정된 목적을 지향하는 것이 아니라 마지막 목표를 지향하는 조망(teleomatic perspective)을 제공함으로써 자연적 조직(생명) 형성에 대한 "왜"라는 목적론적 질문과 "어떻게"라는 역학적 설명을 가능하게 하는 화학진화의 보다 견고한 인식론적 근거를 제시하고 있다고 주장되고 있다. (Wicken의 논의⁶⁾).

두번째 논의는 원시 생명체가 자연적으로 출현될 수 있으면 어떻게 현재와 같은 복잡한 생태계의 계층구조를 형성할 수 있었겠는가에 관한 문제이다. 이러한 물음에 대한 답변은 Darwin에 의해 처음으로 자연목적론(아리스토텔레스적 자연관이며 이후 스콜라학파에 의해 신학에 수용되었음)에서 탈피하는 어떠한 초기의 설계나 목적 없이도 자연적으로(자연도태에 의해) 점진적으로 복잡한 계층구조로 진화한다는 가설이 획기적으로 주어진 이래 줄곧 많은 진화론자들이 이를 과학적으로 입증하려고 노력해 온 문제이다. 최근 분자생물학의 발달로 새로운 사실들이 발견되자 Darwin의 진화론은 수정되어 진화를 유발시키는 근본적 원인을 상호 독립적인 변이(돌연변이)와 자연선택으로 보는 신다윈주의 또는 현대 종합이론이 제시되었다. 그러나 이러한 수정도 많은 평형론적 진화론의 변칙현상(anomalies)을 다 설명할 수 없게 되었다. 왜냐하면 현대종합이론에서도 여전히 열역학적 평형상태를 상정하여 그들의 집

단유전학(Population Genetics)을 적용함으로써 근본적인 한계를 내포하고 있기 때문이다.

현대 종합이론 또는 신다윈주의로 충분히 설명할 수 없는 진화론의 변칙현상은

(1) 생명의 기원에 관한 이론 즉 이미 존재하는 자율촉매장치(autocatalytic machinery)없이 어떻게 안정적으로 복제 가능한 생명이 진화할 수 있는가의 문제 - 결정론적 환경요인 문제

(2) 중성적 분자의 진화(neutral molecular evolution)

(3) 집단내의 다형도(Degree of polymorphism)

(4) 반수유전자(genome)의 복잡한 구조

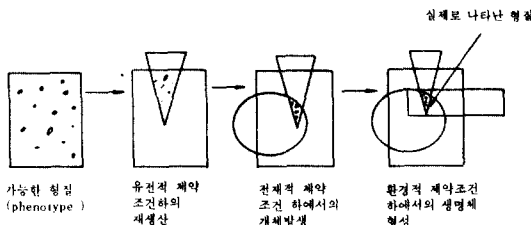
(5) 다단계 선택(multilevel selection)

(6) 고생물학적 기록(화석기록)에서의 중단된 형태(갑작스런 종의 출현 문제)

(7) 다윈주의의 개념상 난제 즉 '생물학의 자율성' 문제나 열역학 법칙과의 상충 문제 등

을 예로 들 수 있다. 이러한 변칙현상을 분자생물학으로 무장한 현대 종합이론만으로 설명하려면 결국 보조가설이 추가로 필요하게 되고 주제가설과 보조가설 사이의 일관성 결여 등이 나타나 제대로 설명할 수가 없다. 그러나 비평형 열역학에 기초한 확대 종합이론(expanded synthesis theory)에 의하면 보조가설 없이도 이러한 제문제들을 극복할 수 있다고 말한다(Depew & Weber⁹⁾). 다시 말하면 생물계는 비평형 열역학 개념인 소산(消散)계(dissipative system)로서 생태계의 균형 또는 불균형(symmetry or asymmetry)의 순환에서 변이(variation), 제약조건(constraints), 그리고 선택(selection)을 거쳐 점차 에너지 흐름을 가장 효율적으로 하는 방향으로, 즉 구조의 복잡성과 기능이 증가하는 방향으로 계층구조를 형성하게 되었다는 것이다. 이러한 주장은 현대 종합이론의 환경적 결정론(environmental

determinism) - 변이에 의해 다양화된, 즉 평형상태에 도달한 유전자 집단에서 결정론적 요인인 환경적 섭동(perturbation), 즉 자연선택에 의해 생태계의 계층구조가 형성됨. 예로 Hardy - Weinberg Equilibrium 이론이 있음 - 은 결과적으로 열역학 제2법칙에 상충되지만 소산계 내에서 계층구조의 형성은 다단계 선택, 집단 내의 다형도, 중성적 분자의 진화, 갑작스런 종의 출현 등을 포함하는 열역학적 비가역성의 법칙 (Irreversibility Law)을 잘 대변해 주므로 보다 견고한 그리고 종합된 이론을 제공한다고 주장한다. 그리고 이러한 확대 종합이론은 생태계의 또 하나의 중요한 법칙 즉 Dollo의 법칙 - 생물학적 질서도는 점차 증가하며 다시 원상태로는 돌아가지 않는다는 법칙 - 과 잘 부합된다고 한다. 즉 생물학적 질서도는 복잡한 계층구조로 진화하면서 각종 역사적 제약조건(historical constraint) - 유전적, 전개적(developmental), 환경적 제약조건들 - 에 의해 상승하면서 비가역성을 나타내게 된다. <그림3 참조>.



<그림3> 생물학에서의 형질의 다양성이 만들어지는 과정

그러나 이러한 확대 종합이론에서도 앞서 말한 바와 같이 항상 의견이 일치하는 것이 아니라 다양한 목소리가 존재하며, 궁극적으로 비평형 열역학에 근거한 설명에서 초기 또는 진화과정에서 고려되는 제약조건들은

모두 순수물리, 화학법칙인 동력학 내지 기체역학 등으로 나타나며 이것들은 본연적으로 가역적 법칙인데 이러한 법칙들을 비가역적 논의에 활용할 수 있는가 하는 문제는 여전히 남아 있다.

4. 진화론의 철학적 배경

최근에 현대 종합이론이 각종 변칙현상(anomalies)을 설명하는데 많은 문제점을 드러내자 일군의 진화론자들은 이러한 상황을 위기상황으로 보고 이 이론을 재편하지 않으면 안된다고 말하기 시작하였다. 위기에 처한 진화론을 견고한 토대 위에 세울 수 있는 길은 바로 비평형 열역학을 진화론의 인식론적 기반이나 배경 가정 또는 패러다임으로 사용하는 것이라고 주장하고 있다.

이러한 진화론의 추세는 그동안 단일하게 고전적 열역학 제2법칙에 입각하여 진화과정은 엔트로피 법칙에 위배되므로 자연적으로는 일어날 수 없다는 단순한 논리로 일관해온 창조론자나 그동안 열역학을 포함한 다른 물리, 화학적 법칙들과 생물학적 법칙들은 서로 다른 영역의 법칙들이므로 통합(unification)되거나 환원(reduction)될 수 없다는 '생물학의 자율성'을 부르짖던 많은 진화론자들에게 시사하는 바가 크다.

먼저 왜 진화론은 '생물학의 자율성'을 주장하면서 대표적 자연법칙인 열역학 법칙들과 반목하게 되었는가를 알아보자. 이것은 다윈과 캄빈의 초기 논쟁에서 연유하였다. 캄빈은 열역학 법칙으로 다윈의 진화론을 비과학적이며 비자연적인 사이비 과학이라고 공박하였고 다윈은 이에 맞서 단순한 물리 법칙으로 이를 설명할 수 없다는 생물학의 자율성을 강조하는 입장을 견지하면서 이후로는 열역학 및 다른 물리, 화학과의 교류가 단절되게 하였다. 이러한 경향은 결국 진화

단절되게 하였다. 이러한 경향은 결국 진화론을 “왜”에 관한 목적론적 설명에 기울게 만들고 “어떻게”에 관한 역학적 논의에서는 많은 문제점을 낳도록 하였다. 최근에 와서 분자생물학과 양자역학이 발달하면서 생명체의 근본 구조인 유전자와 원자의 세계에 대한 지식이 증대되고 통계 열역학적 또는 비평형 열역학적 이론이 정립되면서 다윈의 진화론은 크게 수정하게 되었다. 이렇게 수정된 신다윈주의 또는 현대 종합이론은 비평형 열역학에 기초하지 않고 열역학적 평형이론과 분자생물학에 기초하였다. 이로 말미암아 이 종합 이론도 많은 문제점을 여전히 안게 되었다.

그러면 왜 진화론자들이 비평형 열역학에 기초한 확대 종합이론을 도입하면 많은 난제가 설명되는 데도 불구하고 평형 열역학에 기초하려고만 하는 것일까? 여기에 대한 대답도 다윈으로 거슬러 올라가야만 한다. 다윈화론은 크게 세 가지 사상 또는 패러다임의 영향을 받았다. 그것은 Lyell의 동일과 정설(Uniformitarianism), Malthus의 인구론, 그리고 Newton의 기계론적 역학이다. 이 중에서도 Newton의 역학으로 인한 영향이 바로 결정론적 환경 영향인 자연도태 개념을 낳도록 하였다. Newton의 폐쇄계에서의 결정론적 역학은 경제학에서 아담 스미스에 의해 도입되어 Malthus의 인구론으로 발전하였고 이것이 다시 다윈에 의해 적자생존의 경쟁 개념으로 발전하여 결국은 결정론적 환경영향 개념이 도출되었다. 이러한 개념은 현대 종합이론에서도 그대로 계승되고 있다. 뉴턴 역학계는 개념적으로 폐쇄적이며 결정론적이고 그리고 가역적이며 분해 가능한 계임을 전제로 하고 있다. 이러한 개념적 전제는 그 이후 경제학이나 사회학 그리고 생물학에 지대한 영향을 미쳤고 진화론도 이러한 영향에 의하여 폐쇄계에서 변이로 Microstates가 평형상태에 도달하였을 때 결정론적인 환경요

인인 자연선택에 의해 Macrostates가 결정된다는 입장을 견지하게 되었다.

그러나 이러한 입장은 자연과정의 비가역성이나 Dollo의 법칙을 근본적으로 동시에 만족시킬 수 없다. 왜냐하면 결정론적인 외부 요인에 의해 선택된 Macrostates는 생태계의 계층구조처럼 다양해 질 수가 없고 또 왜 질서도가 증가하는 방향으로 Macrostates가 결정되었는지와 근본적으로 Microstates와 Macrostates간에 비가역성이 보장되지 않으므로 Dollo 법칙을 만족시킬 수 없다. 현대 종합이론은 이와같은 뉴턴 역학계에 근거한 다윈의 진화론적 유산을 물려받았기 때문에 비평형 열역학에 근거한 확대 종합이론 보다 많은 문제점들을 내포하게 되었다.

확대 종합이론을 펴는 진화론자들은 진화론의 인식론적 근거 내지 배경가정(background assumption)을 뉴턴 역학계에서 비평형 열역학계로 바꾸어야 현재의 진화론적 위기 상황을 극복할 수 있다고 한다.

5. 맺음말

지금까지 우리는 기원에 관한 열역학적 논의에 있어서 제문제들을 개괄하였다. 여기서 주로 거론된 입장들은 대부분이 진화론자들에 의해 제안되고 발전된 것들이다. 창조론적 입장은 단순한 논리 수준 이외 별로 제안된 것이 없다. 이러한 창조론적 입장의 빈약성은 기원문제를 하나님의 목적과 설계에 따라 창조되었다고 보기 때문에 진화론자들이 주장하듯이 모든 물질과 생물이 초기의 특수한 상태에서 아무런 외부의 개입없이 저절로 지금과 같이 진화하였다는 것을 과학적으로 입증할 필요가 없기 때문이다. 그러나 창조론자는 창조된 세계를 관찰하고 연구하며 하나님의 창조섭리를 통해 그의 신성을 발견하고 그것을 이웃에게 전하며 유익을 끼쳐야 하므로 팔짱만 끼고 진화론자들의 주장을 묵

인할 수는 없다. 창조론자들은 진화론자들이 가진 열십 이상으로 하나님의 신성을 가리고 인간의 자율성과 인간의 자연에 대한 자율적 지배권을 주장하는 근거를, 곧 진화론적 논리를 하나님의 빛으로 그 모순성과 패역성을 드러내야 할 사명이 있다.

이러한 맥락에서 앞서 살펴 본 진화론자들의 주장은 진화론이 다아윈 이래로 계속 수정되었지만 그들의 한결같은 논리는 생명과 삼라만상이 외부의 초월적 개입이나 자연적 목적에 의해 만들어진 것이 아니라 자발적으로 그리고 자생적으로 진화하였다는 논리이다. 이것은 바로 과학적 논의에서 모든 신성(창조, 타락, 구속의 영향)과 가치를 배제하는 과학주의 또는 자연주의적 논리이다.

이러한 논리는 환원주의적 요소를 내포하고 있고 영역간의 다양성을 배제하는 성향을 가지고 있다. 일반적으로 과학적 논의에서는 다양한 이론들을 하나로 통합시키려는 목적과 다양한 영역간에 적용되는 법칙들을 하나의 가장 근본적인 법칙으로만 설명하려는 환원주의적 목표가 강력하게 작용하고 있다. 그러나 실제에 있어서는 언제나 불확실하고 의견이 분분하지만 불편한 합의와 타협으로 만들어진 잠정적인 통합된 이론만 존재하고 모든 면에서 보다 진리에 가깝고 정확무오한 통합이론은 존재하지 않는다. 또 나아가 환원주의적으로 다른 영역에 적용되는 법칙을 가져와서 통합하려할 때는 더욱 불편함을 느끼는 것이 일반적이다.

앞서 논의된 비평형 열역학에 근거한 확대 종합이론은 진화론적 난제들을 개념적으로는 많이 해소한다지만 그것에 관한 궁극적 질문에 대한 답변이나 확실한 증거를 요구할 때는 많은 문제점들을 안고 있고 또한 이러한 시도는 환원주의적 요소가 짙게 깔려 있으므로 기독교 철학적 입장에서 볼 때(영역주권과 영역보편성 문제로 고찰할 때) 큰 문제점

을 안고 있다. 그러나 이러한 문제점들을 노출하고 있지만 이 이론이 제시하는 탁월한 설득력은 많은 과학자들에게 호감을 불러 일으킬 요지가 있으므로 이에 대한 창조론적 입장을 마련하고 비판할 수 있는 논리나 논증 그리고 과학적 증거가 요구된다.

본 논의를 통하여 이러한 진화론적 추세에 대응하는 창조론자의 연구와 논리가 조만간 발표되기를 기대하며 본 논의를 마치고자 한다.

참고문헌

1. 김영길 외, "자연과학" 도서출판 생능, 1989.
2. Bruce H. Weber, David J. Depew and James D. Smith, "Entropy, Information, and Evolution New Perspectives on Physical and Biological Evolution", MIT Press, 1988.
3. David Layzer, "Growth of Order in the Universe", Ibid. Ref. 2, pp. 23-40.
4. Steven Frautschi, "Entropy in an Expanding Universe", Ibid. Ref. 2, pp. 11 - 22.
5. Jeffrey S. Wicken, "Thermodynamics, Evolution, and Emergence ; Ingredients for a New Synthesis", Ibid. Ref. 2, pp. 139-172.
6. John Olmsted III, "Observation of Evolution", I
bid. Ref. 2, pp. 243-262.
7. John Collier, "Dynamics of Biological Order", Ibid. Ref. 2, pp. 227-242.
8. Lionel Johnson, "The Thermodynamic Origin of Ecosystems : A Tale of Broken Symmetry", Ibid. Ref. 2, pp. 75-106.
9. David J. Depew and Bruce H. Weber, "Consequences of Nonequilibrium Thermodynamics for Darwinian Tradition", Ibid. Ref. 2, pp. 317-354.