



# 자기 초월의 슬기

주 승 환

기술사(방사선 관리) · 원자력공학 박사

“나는 원자가 존재한다는 사실을 믿지 않습니다.” 19세기 말까지만 하더라도 이런 말을 하는 물리학자와 철학자들은 비웃음이나 조롱을 받기는커녕 오히려 사려 깊은 사람으로 여겨졌다. 물론 그때도 물질이 작은 입자들로 구성되어 있다고 믿었던 과학자들이 있었지만, 그런 주장을 뒷받침할 만한 근거가 충분하지 못했다. 아무도 확실하게 설명할 수 없었던 원자라는 것은, 과학적으로 연구할 가치가 없는 단순한 추측에 불과하다고 여기던 사람들도 많았다. 도저히 원자 가설을 믿을 수 없다는 이 단정적인 주장은 실제로 1897년 1월 빈에서 개최되었던 왕립 과학원 학술회의에서 제기되었던 것이다. 이런 발언을 했던 사람은 에른스트 마흐(Ernst Mach) 였다(28, 「볼츠만의 원자」서문에서).

**원**자의 존재를 단정적으로 부정했던 위의 글을 읽는 독자의 생각은 어떠할까? 한 과학자가 지금도 원자의 존재를 부정한다면, 그는 누구일까?

원자의 시대가 활짝 열리기 바로 직전의 19세기 말, 과학 사회의 분위기는 글머리에 인용된 글귀처럼, 의심스러운 정도로 많은 과학자들이 원자의 존재를 부정하는 입장에 찬성하면서 논쟁들을 벌여야 했다.

그런 논쟁들 중에서도 루트비히 볼츠만(Ludwig Boltzmann)이 원자론에 근거를 둔 「가스 운동론」, 그리고 에른스트 마흐가 따르고 믿던 「에너지론」이 서로 맞서 논쟁을

펼쳤던 것은 대표적인 한 예일 것이다. 열의 뜻 정리가 제대로 안 됐던 그때의 논쟁에서는, 열이 가스 분자들의 운동으로 생겨나는 것인지 아니면 「칼로릭(caloric) 이론」처럼, 열이 원자와 같은 어떤 한 물질로 된 것인지(또는 에테르와 같은 매질)의 다툼이었다고 요약할 수 있을 것이다.

두 과학자들은 모두 오스트리아 빈 출신으로서 마흐는 오래 동안 프라하 대학의 물리학 교수를 역임하였고, 마흐보다는 조금 젊었던 볼츠만도 오스트리아 대학 그리고 독일의 여러 대학들에서 이론 물리학 교수를 역임했었다.

볼츠만은 「엔트로피 관계식」을 간단하게 정립하여  $S = k \log W$  (여기서, S는 엔트로피, k는 볼츠만의 상수, W는 계의 질서 정도, 그리고 log는 수학의 대수를 뜻함)란 유명한 수식을 남겼고, 마흐는 발사체의 속도를 음속의 배수로 나타내는 ‘마하수’로 그의 이름을 남겼다.

지금 우리에게는 에너지 문제가 뜨겁고, 사회적 갈등으로까지 치닫고 있다. 필자는 19세기 말, 열과 에너지의 본질에 관한 과학자들의 논쟁을 들춰보고 우리 에너지 문제를 해결하는 데 어떤 노력이 필요한지 생각해 본다. 에너지는 우리의 현대 생활에 반드시 필요한 기본 요

소인 것을 우리는 잘 알고 있다. 불안균의 원전 수거물 센터(원전 센터) 건립 문제도 다시 원점으로 돌려야 한다는 목소리도 나온다(29).

우리 모두가 에너지 문제를 한번쯤 되새겨 볼만도 하지 않을까? 고대 원자론의 밑바탕을 이뤘던 '가스 운동론'에서 불거졌던 원자의 존재에 관한 논쟁, 그리고 가스 분자들의 운동으로 열에너지가 생겨남을 부정했던 '칼로릭 이론'을 믿었던 일부 과학자들에 관한 얘기를 되새겨보면서, 지금 우리가 겪고 있는 전쟁터와도 흡사한 에너지 문제의 현장을 이해하고 문제 해결의 실마리를 풀어나가는 데 자연이 말없이 주는 '자기 초월'의 슬기를 배우자고 소리쳐 본다.

### 원자론

2개월 전쯤, <중알일보>에서 우리 물리학자가 '원자론'에 바탕하여 우리 사회의 갈등 구조를 바라보고 쓴 칼럼을 읽은 적이 있다. 「자기 초월(超越) 과정을 음미하라」란 제목의 글(30)은 자연에서 영원히 지속되는 분자들의 무작위적인 운동('기체분자 운동론') 현상을 예로 들면서, 지금 우리 사회에서 노도처럼 일고 있는 사회적 갈등들을 잠재울 키워드(key word)를 전하였다.

'원자론'을 짧게 줄인다면, 우리가 살고 있는 세계의 현상을 더 이

상 쪼갤 수 없는 가장 작은 어떤 입자들과 그것들의 작용으로 이뤄진다는 하나의 주장(說)이라고 할 수 있을 것이다.

자연은 수많은 물질의 계층 구조들로 짜여진 더 큰 집합체 단위들이 모인 것이다. 그런 계층 구조들은 분할된 우주의 작은 부분 계(系)들을 이루고, 부분 계들이 모여 우주를 이룬다. 그런 각 계의 상태(狀態) 사이에는 서로가 상호 작용과 상호 적응의 여러 과정들이 일어나고, 그런 과정들을 통하여 자연의 질서는 말없이 각 계의 '자기 상태를 초월' 하면서 유지되고 있다.

그 글은 우리에게 물질 세계의 참모습을 일깨우고, "자신은 옳으니까 남만 변하라는 식의 요구는 상호 작용이 아니라 갈등이다"라고 지적한다. 그의 글머리는 다음과 같다.

"근대 과학의 기본적인 패러다임은 결정론과 환원주의다. 결정론은 세계를 자연 법칙에 따라 필연적으로 전개되는 것으로 본다. 라플라스가 주장했듯이, 자연 법칙과 현재 상태를 모두 알기만 하면 과거에 있었거나 미래에 일어날 우주의 모든 사건을 계산할 수 있다(28, 51쪽)는 믿음이다. 원자론과 맥을 같이하는 환원 주의는 세계를 기본 요소로 환원하고 세계의 운동을 기본 요소의 운동으로 환원함으로써 가장 낮은 수준의 단계에서 세계를 설명하려는 방법론이다(30)."

원자론은 기원 전 371년까지 살았던 고대 그리스의 철학자 데모크리토스(Democritus)와 그의 스승이었던 레우키포스(Leucippus) 중의 어느 누가 주장한 것으로 알려진다(28, 21쪽). 그의 원자론은 상당한 기간 동안 역사 속에 묻혀졌다.

그 후, 로마의 작가 루크레티우스(Titus Lucretius Carus)가 원자론을 부활시켰다. 그는 기원 전 95년에서 55년까지 살았던 시인이었다. 그가 남긴 『만물의 본성에 대하여 (De Reum Natura)』라는 장편시에 처음으로 '원자'라는 낱말이 등장한다.

프랑스와 독일의 수도원을 돌아보던 한 성직자가 1417년 그 장편시를 찾아내어 바티칸으로 가져왔다. 9~10세기에 그것의 복사본이 지금 전해지는 것이라고 한다. 루크레티우스가 원자를 바탕으로 삼던 그의 무신론은 2천년 동안 숨겨져 있다가 '원자론'이란 이름으로 다시 등장하게 된다.

고대에 시작된 원자론은 중세, 근대, 현대로 이어지면서 '근대 과학의 기본적인 패러다임'의 한 줄기를 이루면서 발전해 왔다. 인류는 물질의 계층 구조를 추구하면서 원자의 참모습을 발견하게 됐고, 원자의 핵을 쪼개어 원자의 에너지를 이용할 수 있었던 밑바탕에는 원자론의 논제들이 크게 영향을 미쳤다. 그 논리는 오늘날 소립자론에서

‘초끈 이론’으로 이어져 간다.

특히, 우리에게 잘 알려진 돌턴(Dalton)의 원자설, 아보가드로(Avogadro)의 분자설, 원자물리학 그리고 소립자론 등은 원자론이 그 바탕이다. 19세기 초는 원자론의 중심이던 가스 분자의 운동론 - 열은 가스 분자들의 운동으로 생김 - 분야에서 에너지의 개념이 잘 정리된 시기라고 볼 수 있을 것이다.

**분자의 운동 열에 맞섰던  
「칼로릭 이론」**

“원자론을 받아들여서 기체에 적용하는 과정에서 열(熱)의 진정한 의미를 이해하지 못했던 것도 걸림돌이 되었다. 19세기 초까지만 하더라도 열의 정체는 확실하지 않았다. 열이 에너지를 비롯한 뉴턴적 개념과 관련된 일종의 역학적인 것이라고 생각했던 사람들도 있었지만, 일종의 기체와 비슷한 유체이거나 ‘칼로릭’이라는 이름을 가진 가벼운 물질이라고 여기던 사람들도 많았다. 칼로릭은 다른 성분으로 구성되거나 만들어지는 것이 아니라, 그 자체로 독립된 존재이고, 그것이 물질에 침투하거나 퍼지게 되면 우리가 열이라고 느끼는 성질이 나타나게 된다고 믿었다. 뜨거운 물체가 차가운 물체에 열을 빼앗기는 것은 뜨거운 물체에서 칼로릭이 빠져나와서 차가운 물체로 스며들기 때문

이라고 생각했다(28, 30쪽)”

국제 SI 단위계에서 보조 단위는 열량을 줄(joule, (J))로 나타낸다. 그렇기 이전에는 열량을 ‘칼로리(cal)’ 단위로 썼다. 아마도 「칼로릭 이론」의 잔재였을 것이다. 칼로릭 이론은 열이 무엇인지 아직 정리되기 이전에 열을 한 물질 단위처럼 여기던 한 이론이었다.

칼로릭 이론을 처음으로 비판했던 사람은 매사추세츠 태생의 과학자이며 발명가였던 벤자민 톰슨(Benjamin Thompson)이었다. 그는 미국의 독립 전쟁 직전에 영국의 스파이로 활동하다가 1775년에 런던으로 망명했고, 전쟁 중에 잠시 미국에 돌아가기도 했지만, 미국이 독립한 후에는 다시 난민의 신분으로 영국으로 돌아갔다.

그러나 영국 정부의 대우에 만족하지 못했던 그는 정치적인 영향력을 이용해서 바바리아 왕실의 군사 고문으로 일하게 되면서 여러 분야에서 핵심적인 역할을 하게 된다. 그런 공로로 1792년 신성 로마 제국의 럼포드(Rumford) 백작이 되었다. 연기가 생겨나지도 않았고, 게다가 열효율이 아주 뛰어난 벽난로를 개발했던 그의 이름은 오늘날 미국의 주택 건설업자들에게도 잘 알려져 있다.

그는 열과 에너지의 본질에 대한 몇 가지 중요한 사실들을 밝혀냈다. 바바리아의 군사 고문이던 시절, 대

포에 구멍을 뚫는 일을 감독하면서 몽푁한 비트(bit)로 포신인 쇠덩어리를 깎아내릴 때 열이 많이 생기는 것을 보고 의심했다.

비트로 구멍을 뚫는 과정에서 생겨나는 열의 양은 엄청났다. 열이 쇠덩어리에 본래 담겨졌던 한정된 양인 칼로릭이 빠져나온다면, 그 열량은 얼마 정도의 양으로 한정될 것인가라는 생각을 하게 되었다. 하지만 쇠덩어리로 구멍을 뚫은 작업에는 비트가 빨리 돌아가면 갈수록 열량은 무한대로 많아졌다. 칼로릭이란 본래 쇠덩어리가 가졌던 것이 아닌 비트의 기계적인 일의 양에 관계됨을 알게 된다(28, 31쪽).

럼포드 백작의 관찰 이전부터 과학자들은 열 그리고 기계적인 에너지의 관계를 밝혀내려는 노력은 오래 전부터 이어져왔다. 선각자들 중에는 이미 1738년 다니엘 베르누이(Daniel Bernoulli)가 열 그리고 기계적인 에너지 사이의 관계에 대한 힌트를 준 바 있었고, 그리고 1820년 빅토리아 시대의 아마추어 과학자였던 존 헤라패스(John Herapath)가 분자의 운동이 열과 관계된다는 논문을 영국 왕립학회에 투고하였지만 게재되지 않았다.

그 후 1845년 12월 11일 존 제임스 워터스톤(John James Waterston)은 인도 해군에 파견되어 교관으로 봄베이에서 활동하면서 헤라패스의 논문보다 더 구체적



인 분자의 운동 그리고 열에너지에 관한 논문을 영국 왕립학회에 제출하였지만 그것도 심사 과정을 통과하지 못하였다. 10여 년이 지난, 1857년 칼로릭 이론을 비판했던 클라우지우스(Rudolf Clausius)는 「열이라고 부르는 운동」 제목의 논문에서 열과 기계적인 에너지 사이의 관계를 발표했다.

### 에너지론

한때 에너지론(28, 169쪽)은 원자론을 대체시킬 물질 세계의 기본 철학으로 등장할 뻔 했었다. 1887년 화학자 게오르크 헬름(Georg Helm)은 물리 세계의 가장 근본적인 양은 에너지라고 주장하는 「에너지론(The Theory of Energy)」 책을 내면서 많은 과학자들의 관심을 끌기도 했었다.

처음에는 그의 주장에 동조하는 과학자들이 그렇게 많지 않았다. 독일 라이프치히(Leipzig) 대학 교수였고, 물리화학의 최초 학술지인 <물리화학회지(Zeitschrift fur Physikalische Chemie)>를 창간하기도 했으며, 화학과 열역학을 합쳐 오늘날 물리화학의 기초를 다졌던 화학자 빌헬름 오스트발트(Wilhelm Ostwald)는 에너지론이 자기가 추진하던 물리학 그리고 화학 두 분야들을 서로 연결시키는 데 필요한 논리로 에너지론을 받아드

린 것이 계기가 됐고, 그의 영향으로 많은 과학자들이 에너지론에 관심을 갖게 되었다(그는 마흐의 주장을 더 좋아했으므로 가스 운동론에 대해서는 큰 호감을 가지고 있지 않았다. 그때는 원자나 분자의 존재를 무시해도 화학자가 될 수 있었던 시대였다.)

19세기 말에 이르기까지도 화학은 원자의 존재에 대한 믿음이 반드시 필요하지는 않았던 분위기였다. 많은 화학자들은 원자의 개념이 너무 추상적이라서 관심을 갖지도 않았다. 오스트발트는 철학에 깊숙이 빠져 있었기 때문에, 마흐의 철학적인 에너지론 주장에 동조하게 된다. 그가 흥미를 느꼈던 부분은 마흐의 주장에서, 열은 에너지의 한 형태이고, 그의 본질에 대해서는 더 이상 설명할 것도 없고, 설명할 수도 없다는 논리가 그를 사로잡았다. 그래서 에너지가 과학적 설명의 바탕이라고 믿고 있었다.

더 나아가서, 에너지 보존 법칙 이외는 열역학 법칙들은 물론이고, 뉴턴의 역학을 포함한 다른 법칙들은 모두 에너지 보존 법칙의 당연한 결과일 뿐이라고 믿게 된다. 공교롭게도 1890년대 초에 오스트발트는 물리학에서 알려진 모든 법칙들은 에너지의 변환을 지배하는 법칙으로부터 유도될 것이라고 믿으면서 정력적으로 에너지론을 추구하게 된다. 그는 만일 그렇게 된다면, 원

자에 대한 얘기는 쓸모가 없어질 것이라는 심념을 가지고 있었다.

### 열, 일 그리고 에너지

‘열’, ‘일’ 그리고 ‘에너지’ 셋은 원자론 그리고 에너지론의 근본 요소들이다. 열은 지구의 태생부터 거기에 함께 있었다. 열의 크기는 열량으로 나타내고 그 표시는 일 그리고 에너지의 양을 나타내는 같은 물리적 단위인 줄(Joule)을 쓴다. 에너지, 일 그리고 열량 등도 물리량으로 나타낼 때, 모두 줄(Joule) 단위를 쓴다. 이전에 에너지와 열량 단위로 표시되던 ‘칼로리(cal)’ 단위는 쓰이지 않는다. 영양학 분야에서는 아직도 음식물이 소화될 때 생겨나는 열량을 칼로리 단위(cal)로 나타낸다.

SI의 단위계에서 힘의 기본 단위는 뉴턴(Newton, N)을 쓰고, 1뉴턴(N)은 1kg 무게의 물체가 초마다 1미터의 가속도(미터 초<sup>-2</sup>)를 내고 움직일 때 갖는 힘으로 정의한다. 그런 1N(kg · m<sup>2</sup> · s<sup>-2</sup>)의 힘으로 무게 1kg인 물체를 거리 1m로 옮길 때, 한 일(kg · m<sup>2</sup> · s<sup>-2</sup>)을 1 줄(J)이라 한다.

에너지 요소들은 일정한 모양을 갖지 않는다. 그러므로 보통 물건이나 방사성 쓰레기들처럼, 지정된 한 장소를 차지하고 있는 것도 아니고, 그들을 완벽하게 가둬 둘 기술도 현

재로는 없다. 열은 끊임없이 자발적으로 이동하므로 열을 어느 한 곳에 한정시키려면, 먼저 열에너지가 미칠 수 있는 공간의 뜻을 정할 필요가 있다.

잘 알다시피, 우리는 '계(系), system' 란 말을 자주 쓴다. '계'는 우리가 에너지를 다룰 때나 화학 반응을 일으킬 때, 관심을 집중시킬 우주의 한 특정한 일부분이다.

계는 3 가지로 나뉘어서 그것들의 상태를 정의할 수 있다. 즉, 고립계(isolated system), 닫힌계(closed system), 그리고 열린계(open system) 들이다. 이들 3계들에 속하지 아니한 것들은 모두가 '주위(周圍, surroundings)' 이다. '계'와 '주위' 사이를 '(경계境界, boundary)' 라고 한다.

이렇게 낱말들의 뜻을 정해놓으면, 에너지는 그런 특정한 한 계에 분산되어 그 계 전체의 에너지로 나타나게 된다. 따라서 에너지는 "어떤 한 '계'가 할 수 있는 일의 양" 라고 정의한다.

<원자력산업>지에 투고된 글들을 읽다보면, "우리는 에너지 자원이 부족하다." 거의 대부분의 글들에 그런 말을 반드시 끼어 넣는다. '대한민국' 이란 국가 단위가 그 계이고, '에너지 자원' 이란 거기에서 캐낼 수 있는 화석 연료들(석탄·석유·천연가스), 그 외 수력·풍력·조력, 그리고 지열 등이 아주 빈약

하다는 뜻으로 받아들인다.

예컨대, 달리는 한 대의 자동차는 독립된 기계이므로 고립계이다. 자동차나 가정용 보일러와 같은 기계들은 화석 연료를 태워 열을 얻게 될 '닫힌계'인 열기관을 가진다. 열기관들은 열을 만들어내고 이를 기계적인 에너지로 바꿔 한 '고립계'인 자동차가 달릴 수 있는 에너지를 자체에 공급하게 된다. 연료는 '열량'을 공급하고, 그 열량은 다시 그 계가 할 수 있는 '일'로 바뀐다.

또 다른 경우를 생각해 보자. 한 수레 위에 우리 손으로 어떤 물건을 싣는다고 하자. 지구 위에 있는 모든 물체들은 중력이 미치고 있어 우리는 그런 중력을 거슬러 물건을 수레 위에 싣는 '일'을 해야 한다. 앞의 예와 견주면, 다른 표현이란 '열량' 그리고 기계적인 에너지인 '일'로 나타낸 것만 다를 뿐이다.

이들 둘의 관계는 모두가 '에너지'란 뜻으로 이해돼야 당연하다. 그렇다면, 서로가 같은 일의 양으로 바꿔 나타낼 수 있다. 이런 사실 관계들을 밝힌 것이 바로 '열역학 제1법칙'이다.

그리고 이 법칙을 다른 말로 표현하는 경우도 있다. 즉, '주위'가 아닌 한 '고립계' 안에서는 모든 에너지가 보존되므로 '에너지 보존 법칙'이라 쓰기도 한다. 즉, 열역학 제1법칙과 에너지 보존 법칙은 같은 뜻이므로 학문적인 냄새가 나지 않

는 뒤쪽 표현을 우리는 즐겨 쓴다.

열역학은 제1 법칙 외에도 제2 법칙(다음에 설명) 그리고 제3 법칙(절대온도 영도(0° K)에서 순수한 결정의 엔트로피는 영(0)이다. 이것은 한 계인 결정이 절대 온도 영도이면, 완벽한 질서를 유지하는 것을 뜻한다. 독일 물리학자 발터 네른스트(Walter Nernst)가 제3법칙을 정립시켜 이 공로로 1920년 노벨상을 받음) 등이 있으며, 이들은 계들에서 일어나는 열의 이동에 관한 평형 관계를 정의하고 논의하는데 쓰인다.

**엔트로피란?**

독일 사람인 루돌프 클라우지우스는 1875년 엔트로피 개념을 처음으로 제안했던 사람으로 알려진다 [28, 103쪽]. 그는 열역학 제1법칙 그리고 제2법칙을 발견했다. 열역학 제2법칙은 「엔트로피(entropy) 증가의 법칙」이라 불리기도 한다.

새로운 낱말인 '엔트로피'는 자연에서 자발적으로 일어나는 어떤 변화들(에너지의 변화, 계의 질서나 무질서 정도의 변화)을 예측하기 위하여 도입된 낱말이다.

자연에서는 항상 자연 스스로의 변화가 일어나는 것은 두 가지 요인들이 영향을 준다. 하나는 에너지의 변화이고, 다른 하나는 계의 상태 변화인 무질서와 관계된다.

에너지 변화의 뜻을 좀더 좁히는 데 쓰이는 용어가 있다. 물리학자들은 물질 속에 들어있는 에너지는 한 가지 형태에서 다른 형태로 바뀌었다가 다시 본래의 형태로 되돌려 놓을 수도 있는 경우가 있다고 한다. 에너지의 양을 완전하게 처음처럼 되돌려 놓을 수 있을 때, 가역(可逆) 변화로, 그렇지 않고 외부로부터 에너지를 더 공급받아 가역 상태가 될 경우, 비가역(非可逆) 변화로 나뉜다. 가역 변화는 에너지는 그대로 남지만, 비가역 변화는 보충해야 될 에너지의 부족한 부분이 항상 생긴다. 1895년 클라우지우스는 그것을 엔트로피라고 주장했다.

겨울철에 물이 얼고, 봄이 오면 얼었던 얼음이 다시 물로 환원된다. 이런 자연의 변화는 열과 계의 평형 상태가 아우러지는 변화이며, 우리 마음대로 할 수 있는 일도 아닐 뿐만 아니라, 물이 어는 자연이 하는 일을 우리의 눈으로 직접 관찰해 낼 수도 없는, 그것의 결과만을 관찰할 수 있을 뿐이다. 위의 예는 자연 스스로가 그것이 담고 있는 에너지를 변화시켜 가는 아주 단순한 한 모습 일 것이다.

뜨거운 것은 반드시 식어야 한다. 에너지의 변화가 있는 그 계는 평형 상태로 이동하려는 상대적으로 안정된 질서가 나타날 어떤 방향성을 갖는다. 과학은 이런 방향성을 예측하기 위하여 열과 상태적인 변

화와 관계되는 또 다른 '엔트로피'란 새로운 개념을 담은 낱말이 필요한 것이다.

그러므로 엔트로피는 자연이 스스로 변화해 가는 정도를 가름하는 인간이 만든 한 잣대이기도 하다. 질서와 무질서의 양쪽 변화들의 상대적인 크기를 엔트로피의 상대적인 증가나 감소로 나타낸다.

고립계에서 어울리는 「엔트로피 증가의 법칙」은 “우주의 엔트로피는 끊임없이 증가한다”는 말로 표현된다. 우리가 속한 우주의 앞날을 암묵하게 예언하는 일들이 자주 등장하는 것은 바로 열역학 제2법칙인 「엔트로피 증가의 법칙」을 잘못 이해하는 사람들의 주장일 수도 있을 것이다. 엔트로피가 끊임없이 증가하다보면, '우주' 라는 고립계는 그 전체가 '열적 죽음(thermal death)'(28, 192쪽. 클라우지우스가 처음 씀)의 상태에 이를 수밖에 없다는 논리이다.

클라우지우스는 우주가 아무런 구조도 없는 정지의 상태로 진화하며, 그런 상태를 '열적 죽음'이라 불렀다. 하지만 우리가 살고 있는 우주는 실제로 빅뱅의 원리에 맞게 끊임없이 팽창해 가고 있으므로 통계적인 뜻인 엔트로피가 예언대로라면, 현실로 나타나게 될 우주의 종말론을 설명하지 못할 것이다. 하나의 꿈이 실현될 확률 값이 무시할 만큼 아주 낮은 경우는 있을지라도

모든 꿈들은 현실 세계와는 정반대 쪽이다.

우리의 한 신문은 지질 시대 구분의 하나인 페름기에 일어났던 지구 생물들의 대멸종은 '바닷속 메탄가스'였다는 미국 노스웨스턴 대학의 그레고리 라이스킨 박사의 주장을 소개한다(31). 그는 해저에서 캐낸 페름기(266백만~245백만 연 사이의 지질시대)의 화석을 분석한 결과 이산화탄소의 양이 급격하게 많아졌고, 바닷물의 흐름도 그 시대에 아주 둔화된 까닭이 바다 밑바닥 땅 깊숙이 묻혀있었던 메탄가스의 대 폭발 탓이라고 소개한다. 지질 시대를 가름할 수백만 연 단위의 잣대를 지각 변동을 잴다면, 지층들에 기록된 자연의 부분 계들에서 일어났던 돌출 변화들을 쉽게 발견할 수 있다. 지층들의 생긴 모습들은 지질 시대에 일어났던 천지 개벽 현상들을 보여주는 좋은 증거들이다.

한 예로서, 17억년 전에 아프리카 콩고의 우라늄 광산에서 천연 원자로가 가동됐던 사실을 프랑스 과학자가 밝혀냈다(32). 이것은 「오클로 현상(Oklo Phenomenon)」으로 알려진다. 거기서 우라늄 핵이 쪼개지고, 천연에 없어야 될 핵종들의 잔재를 발견한 것은 믿기지 않을 하나의 자연 현상이 일어났던 사실 확인에 중요한 증거물이다. 그런 자연의 조화는 놀라운 일이다.

반핵 단체들은 그와 같은 한 자연

의 현상이 앞으로 지질 시대를 거쳐 가면서 우리가 땅에 묻고 가돌 방사성 쓰레기 더미에서도 일어날 것이라고 예언자처럼 전하면서 걱정을 한다. 통계적인 뜻으로는 그런 논리를 펴는 것을 누구도 부정할 수 없다. 하지만, 그런 일이 일어날 확률은 영에 가깝다.

수학에서 쉽게 받아들이는 '점(點)'의 뜻은 사전에서 '위지만 있고, 넓이도 없는 것'라고 정의한다. 그렇다면, 인간이 정한 한 용어이지만 어느 수단으로도 그런 뜻풀이에 맞는 '점'에는 이르지 못한다. 점은 하나의 관념적인 개념이지 실존하지 않는다. 하지만, 우리는 그러한 '점'을 편의에 따라 쉽게 활용한다.

방사성 쓰레기 더미에서 핵이 폭발할 수 있다는 그런 주장은 전문가 쪽에서 보면 하나의 아이러니이고, 또 다른 아이러니이다. 그것은 확률의 문제이지 실체는 아니다. 원자론과 에너지론의 맞대결에서도 볼츠만이 확률적으로 접근해서 가스 운동으로 열이 생겨나는 현상을 확인하였지만, 반대쪽은 실체인 열에 확률을 적용하는 것은 무순이란 논리를 폈다. 열을 무엇인지는 알지 못하지만, 실제로 보는 칼로릭 이론을 신봉한 마흐의 철학에는 잘못 이해될 수 있는 틈새가 있었다.

공고에서 일어났던 '우라늄 광상의 원자핵 폭발'인 지질 변동은 한 지질 시대 사건이며, 더군다나 17

억 년 전에는 우라늄-235의 핵분열성 물질이 대단히 농축된 상태로 있었던 때였고, 공교롭게도 거기에 지하수의 침투로 중성자가 감속되면서 생긴 단 한 차례 일어났던 특수한 경우이다. 자연을 이룬 한 계의 엔트로피 증가 법칙의 한 예가 될 것이다.

### 자기를 초월하자

우리는 지금 우리 에너지 문제를 해결하는 수단을 원자력 아니면 다른 대체 에너지를 개발해 써야 하느냐를 두고 논의가 뜨겁다. 대한민국 국민이라면 누구나가 다음 얘기를 잘 안다.

에너지를 다루는 우리 정책 당국은 1960년대 경제 개발 5개년 사업을 시작하면서 강원도 태백 지구에 매장된 무연탄을 집중적으로 채굴하여 우리의 에너지 수요를 채웠고, 해외에서 석유를 수입하여 부족했던 우리의 에너지 자원을 충당시켰다. 하지만 경제 개발 정책이 성공하면서 우리의 산업 규모가 커지고 전력 소비가 급증하면서 이를 감당할 원자력 에너지 개발을 서두르게 되었다는 사실을. 그 동안 급속도로 확장된 원자력 발전은 우리 전기의 약 40% 이상을 감당할 대용량으로 커졌다. 대체로 국민들 사이에는 원자력 발전 없이는 우리가 필요한 에너지를 감당해 내기 어렵다는 사회

적인 합의가 이뤄지고 있다. 하지만 일부 환경 단체들은 대다수 국민들의 생각과는 다른 것 같다. 환경을 더 우선해야 한다는 주장을 하고, 에너지의 개발은 전혀 다른 문제로 여기는 듯한 논리를 펴다.

잘 알고 있듯이, 원전 에너지는 방사성 쓰레기를 남긴다. 환경 단체들은 원자력에 매달리지 않고라도 얼마든지 대체 에너지를 개발해서 활용할 수 있는데, 하필이면 방사성 쓰레기를 대량으로 만들어내는 원자력 발전이냐고 주장한다.

그들 논리는 아직도 대량의 전기를 만들어 내지 못할 태양빛이나 다른 대체 에너지 자원 개발을 주도할 정책을 바라고 있다. 백번 옳은 주장이다. 하지만 현실은 아직도 꿈의 에너지를 이용하려면, 우리의 경제 개발 5개년 계획을 추진하던 20여년의 기간만큼 피땀을 흘려야 알게 된다. 피해갈 수 없는 로드맵을 따라가 봐야 한다. 결과는 그 후에야 알 수 있다. 그 일은 앞으로의 일이지, 현실은 아니다. 어느 쪽의 논리가 우리의 지금 에너지 문제를 해결하는 데 슬기로운 것인지를 판단하기란 어렵지 않다.

당장 우리의 눈앞에는 전남 부안 군민의 원전센터 건립을 반대하는 격렬한 시위 모습이 뉴스로 전해진다. 원자력 발전에서 나오는 부산물인 방사성 쓰레기를 안전하게 처분할 처분장을 건설할 부지로 부안군

위도를 지정한 것이 벌써 50여일도 훨씬 지났지만, 정부는 한 발짝도 더 이상 앞으로 나가지 못한다.

해당 주민들은 생업을 접어두고 연일 수천 명씩 집단으로 정부의 정책을 반대하는 격렬한 시위가 계속되고 있다. 시위뿐만 아니라, 현지에는 자녀들의 등교길도 부모들이 앞장서서 가로막는다. 주민들의 주장에도 일리는 있다. 후보지 선정 과정에서 행정 당국이 추진하던 절차에 잘못이 있음을 부산군수도 MBC TV의 공개 토론(33)에서 확인해 줬다.

그런 모습을 보는 우리는 답답하고 안타깝다. 당장이라도 원자력발전소의 운전을 중단하라고 정부의 에너지 정책을 주문하기도 그렇다. 한 나라의 총에너지 소비는 물이 흘러가듯 자연스럽게 흘러간다. 방사성 쓰레기 때문에 그 흐름을 막을 수는 없다. 우리 대다수의 풍요로운 삶을 일부 접어둬야 한다는 논리이고 주장일 것이다.

지금까지 우리 정부는 원자력에 맞춘 에너지 개발 정책을 펴온 것은 잘 알려진 사실이다. 그렇게 해오던 것을, 대안 없이 지금 당장 원자력 발전소를 중단할 수도 없을 것이다.

환경 단체들이 주장하는 대체 에너지도 그의 순환에서 부산물로 생겨날 쓰레기를 피해가지 못한다. 원자력은 방사성 물질이 들어있는 특수한 쓰레기란 점만 다를 뿐이고,

이를 환경에 마구 버릴 수 없어 원자력발전소의 한 곳에 이들을 안전하게 가두고 관리해 오다보니 자체적으로 그 양을 감당할 수 없어 정부가 앞장서 나선 것이다.

만일 화력 발전소가 배출시키는 공해 물질인 총폐기물들을 환경에 버리지 못하게 막고, 원전의 수거물 처럼 한 곳에 모아두게 하는 정책을 폈더라면, 어떤 현상이 벌어졌을까? 그 심각성은 원전 수거물에 견줄 바가 아닐 것이다. 화력발전소에서 배출될 폐기물의 주된 성분들은 가스이고, 공해 물질의 환경 배출 기준에 맞게 수시로 우리 주변 환경으로 빠져나가 쌓여질 수 없다는 것은 환경 단체들의 눈을 가린 것이다.

지금까지 우리는 이산화탄소의 배출량에 대한 어느 국제 기구의 규제도 받은 적이 없었다. 앞으로는 국제적으로 이산화탄소의 배출량을 감시받게 될 것이다. 지구 환경을 보존하기 위하여 세계 국가들은 화석 연료의 이용을 차츰 줄여가야 한다고 주장은 하지만, 아직은 화석 연료를 대체할 대상을 찾지 못하였다. 유일한 아이디어는 새 개념의 원자력 에너지이다. 지금의 원자력과 다른 점은 우라늄의 핵을 쪼개면서 생기는 열에너지를 이용하는 방식이 아닌, 우라늄을 대체할 다른 연료로 쓸 수 있는 원자로 아니면 핵융합의 열을 이용하는 발전 방식으로 바뀌 방사성 쓰레기가 거의 생

기지 않고 열을 얻을 수 있는 연구가 계속되고 있다.

원자력발전소의 쓰레기는 정부가 엄격한 관리 지침을 정하여 모두 보관하여 관리하게 된다. 지금은 그들을 주체하기 어려울 정도로 원전 사업장에만 그대로 쌓여지고 있다.

원전으로 얻어지는 전기를 쓰는 우리들로서는 방사성 쓰레기 문제를 우리 스스로가 풀어갈 수밖에 달리 길은 없다. 그것들을 치울 장소가 내 집의 앞뜰이든 남의 집 뒤뜰이든 안전하게 보관 관리할 수 있는 '법대로 된 땅' (5, 8)이라면, 자연이 보여주는 '자기 초월'의 지혜로 함께 참여하고 풀어가야 한다.

<참고 자료>

- 28. 데이비드 린들리 지음, 이덕환 옮김, 『볼츠만의 원자』, 도서출판 승산 (2003.8.5)
- 29. 최준호, "지역주민 뜻 묻는 합리적 절차 필요", 중앙일보, 창간38, 국정3대 과제 이렇게 풀자, 2003.9.24, 8쪽
- 30. 양형진, "자기 초월 과정을 음미하라", 중앙일보, 과학으로 세상보기, 2003. 07. 11, 30쪽
- 31. 박방주, "바다 속 메탄가스", 중앙일보, 2003. 09. 04, E18쪽
- 32. G. A. Cowan, "A Natural Fission Reactor", Scientific American, 1976 June, PP.36-47.
- 33. MBC TV, "100분토론" 문화방송, 2003년 7월 31일과 2003년 8월 7일 2회 방영, PM 11:00