

## 미생물의 본질과 환경의 이해<sup>1)</sup>

김 영 준<sup>2)</sup>

가톨릭대학교 생명공학부

### 들어가면서

21세기 들어 지구는 더욱 극심하고 빈번한 자연재해 및 기상이변으로 인하여 심각한 고통의 신음소리를 토해내고 있는 가운데 지구의 환경변화에 대한 관심과 우려의 목소리가 학계 및 전문가 뿐만 아니라 일반 대중에게도 심각한 화두로 등장하고 있다. 올 여름의 한반도는 오랜 기간 고온과 강우로 인하여 아열대기후로 접어든 것이 아닌가 하는 의구심을 자아내게 한다. 올해 노벨 평화상 수상자중 하나인 기후변화에 관한 국가간 협의체(IPCC)의 2007년도 제4차 보고서에 따르면 금세기 안에 지구표면 온도가 1.8°C에서 4.0°C까지 상승할 것이며 이로 인해 전 생물종의 40% 이상이 멸종될 것이라고 경고하고 있다. 요컨대, 지금과 같은 자원남용과 환경파괴가 무절제하게 자행된다면 금세기가 가기 전에 현재의 인류는 물론 그 후손들의 삶은 보장받지 못할 것이라고 전 세계 환경학자와 전문가들이 경고하고 나선 것이다.

이러한 경고에도 불구하고 아직도 일각에서 국가이익 또는 개발이라는 미명하에 소중한 자연환경을 마구 파헤치고 있는 현실

은 매우 안타까운 현상이 아닐 수 없다. 과연 오늘날의 심각한 환경문제가 발생하게 된 근본적 원인은 무엇이고 이를 해결하기 위한 방법은 무엇인가? 환경문제발생의 일차적 원인중 하나로 물질에 도취된 인간의 무한한 욕망과 자연에 대한 무분별한 인간의 간섭을 지적할 수 있을 것이다. 그러나 한편으론 자연환경에 대한 올바른 지식의 결여와 이해의 부족에 기인한다고 볼 수 있다.

본문에서는 미생물과 자연환경에 대한 올바른 지식과 이해를 바탕으로 지구 생명의 역사를 통하여 미생물이 어떠한 역할을 해왔으며 자연환경에서 그들의 존재가 무엇을 의미하는지 작금의 환경문제와 연관하여 고찰해 보고자 한다.

### 환경의 이해

작금에 발생하고 있는 총체적 환경재난을 보다 근본적으로 이해하기 위하여 우선 환경에 대한 진정한 이해가 선행되어야 할 것이다. 환경이란 무엇인가? 환경이란 사전적 의미로 생물에게 직·간접적으로 영향을 미치고 있는 자연적 조건이나 사회적 상황으로 정의되거나 또는 상대적인 의미로 어떠

1)The Nature of Microorganism and Understanding of the Environment

2)KIM, Youngjun, Division of Biotechnology, Catholic University of Korea. E-mail: yjunkim@catholic.ac.kr

한 주체를 둘러싸고 있는 유형·무형의 모든 객체로 풀이할 수 있다. 환경은 또한 그 대상이나 목적에 따라 자연환경, 생활환경 또는 인공환경 등으로 구분되기도 한다. 본문에서 언급하고자 하는 환경이란 지구상에 존재하는 모든 생물들에게 영향을 미치고 있는 물리화학적, 생물학적 요소의 자연환경을 일컫는다.

결론부터 말하자면 환경이란 인간을 포함하여 지구상에 살고 있는 모든 생명체들의 삶을 가능케 하여주는 ‘생명부양의 틀’ 또는 체계라 말할 수 있다. 즉, 환경이란 ‘생명의 체계’ (혹은 ‘생명의 질서’)인 것이다. 환경의 진정한 의미인 생명의 체계는 한 국가의 통치개념과 견주어 볼 수 있다. 국가를 형성하고 유지하기 위하여 필요로 하는 것이 바로 법과 질서이다. 인간이 국가의 한 구성원으로 살아가기 위해서 그가 소속된 국가의 법과 질서를 준수해야 하듯이 지구를 구성하는 모든 생명체들이 그 삶을 영위하기 위해서는 이를 가능케 하는 생명의 법칙과 질서를 따라야 할 것이다. 요컨대 지구상 생명체들의 삶을 가능케 하는 생명부양의 틀, 즉 생명의 체계란 오랜 지구의 역사 속에서 형성된 생명의 법칙과 질서인 것이다. 이러한 생명의 법칙과 질서에 역행하고 이를 파괴할 경우 모든 생명체들의 삶 또한 위협을 받게 되는 것이다. 환경오염, 자원의 고갈 등 오늘날의 심각한 환경문제의 근간에 바로 현대인의 물질에 대한 끝없는 욕망과 자연에 대한 무지가 자리 잡고 있으며 이에 의하여 ‘생명의 체계’ 즉, 환경이 파괴되어 가고 있는 것이다.

환경이 생명의 질서를 유지하는 체계적 의미일 때, 환경문제는 체계의 부적절한 변화현상으로 볼 수 있으며 환경파괴는 그 체계가 붕괴되는 현상이라 할 것이다. 따라서 환경보호의 체계적 의미는 체계의 변화를 방

지 또는 최소화하려는 노력인 것이며, 파괴된 환경을 복원한다는 것은 변화된 생명의 체계와 질서를 바로 잡아가는 과정이라 할 것이다.

과연 생명의 체계란 무엇이고 어떻게 작동되고 있는 것인가? 생명의 체계에 대한 본질을 규명하기 전에 우선 체계에 대한 이해를 구하고자 한다. 체계란 다른 언어로 시스템(system)을 말한다. 시스템이란 ‘전체로서의 기능을 수행하기 위한 구성원들의 집합체’로 정의되고 있다. 전체로서의 기능이란 시스템전체를 대표할 수 있는 특정시스템의 존재론적 고유기능을 말하며 구성원이란 시스템을 형성하고 있는 모든 구성성분을 일컫는다. 이를 쉽게 이해하기 위하여 시계를 예로 들어 보자. 시계시스템의 전체로서의 기능이란 정확한 시간을 알려주는 것이 될 것이며, 구성원이란 시계를 구성하고 있는 모든 부품들이 될 것이다. 또한 시스템 내 ‘구성원들의 집합체’란 모든 부품들이 단순히 나열되어 있거나 제멋대로 배치되어 있는 것이 아니라 상호 긴밀히 연결되어 있는 기능적 집합체를 의미한다. 이는 시계에서 볼 수 있듯이, 모든 부품들 사이의 올바른 연결과 배치를 통하여 전체로서의 기능인 정확한 시간을 표시할 수 있기 때문이다. 요컨대, 시스템이란 전체로서의 기능을 올바르게 수행하기 위한 구성원들 사이의 상호 긴밀한 연결체라 할 것이다. 따라서 이들 구성원 사이의 연결 상태가 부적절하다면 시스템이 전체로서의 기능을 발휘하는데 문제가 발생하게 될 것이다.

지구라는 생명시스템에 있어서 전체로서의 기능이란 단연코 지구상 모든 생명체들의 삶을 가능케 하여주는 ‘생명부양의 기능’이라 할 수 있으며 그 구성원이란 지구상에 존재하는 모든 물질을 포함할 것이다. 이들 구성원은 생명의 유무에 따라 크게 생물과 무생

물로 구분할 수 있다. 따라서 지구의 고유한 기능이자 전체로서의 기능인 생명부양의 기능을 적절히 발휘하기 위해서는 지구구성원인 생물과 무생물사이의 관계가 적절해야 가능한 것이다. 환경문제란 바로 이들 구성원들의 관계가 적절하지 못할 때 발생하는 것이며 구성원사이의 부적절한 관계가 오래 지속된다면 결국 환경이라는 생명시스템은 스스로 와해되어 생명부양의 기능을 상실하게 될 것이다.

생명의 체계에 존재하는 구성원들의 적절한 관계란 무엇인가? 이를 이해하기 위하여 우선 지구의 폐쇄적 특성과 지구상에 존재하는 모든 구성원들의 끊임없는 변화에 주목할 필요가 있다. 인간이 태어나 한숨의 흠으로 변하듯 지구를 구성하는 물질의 그 어떤 것도 변하지 않는 것이 없다. 물질과 에너지 보존법칙에 따라 현존하는 모든 물질은 창조되거나 소멸되지 아니하지만 우주에 내재된 힘(에너지)에 의해 끊임없는 변화의 물결을 타는 것이 세상 이치이다. 지구는 또한 물질에 대한 폐쇄적 속성을 지니고 있다. 운석이나 인류가 쏘아올린 우주선은 예외로 하고 지구에 존재하는 그 어떤 물질도 외부로부터 유입되거나 방출되지 아니한다. 따라서 지구는 생명의 체계를 유지하기 위하여 필요한 물질을 자급자족을 해야 하는 운명체라 할 것이다.

지구의 폐쇄적 속성과 물질의 덧없는 운명 안에서 지구는 모든 생명체들의 원만한 삶을 위하여 그들이 필요로 하는 물질을 원활히 공급받을 수 있어야 한다. 요컨대, 생명부양의 기능을 위한 구성원들의 적절한 관계란 바로 물질의 수급균형을 가능케 하는 원활한 물질순환의 관계인 것이다. 생명의 체계를 떠받치고 있는 법과 질서란 지구에 존재하는 모든 구성원들이 물질의 공여자 및 수여자로서 서로에게 그 역할을 다할 때 유

지될 수 있는 것이다. 구성원들의 원활한 물질순환관계를 바탕으로 형성된 지구의 환경, 즉 생명의 체계는 일찌감치 지구에 출현한 미생물(세균)에 의하여 완성된 작품이다. 오늘날 대부분의 환경문제들은 오랜 세월 미생물이 지구라는 행성에 구축한 생명의 체계에 균열이 생김으로 해서 발생되고 있다는 사실을 주목할 필요가 있다. 인간의 자연에 대한 무분별한 파괴와 잘못된 에너지의 사용은 미생물에 의해 형성된 생명의 체계, 즉 원활한 물질순환의 흐름을 방해함으로써 발생되고 있는 것이다. 한때는 질병만을 옮기고 다니는 불결한 존재였던 작고 보잘것 없는 생명체, 즉, 세균은 실은 물질순환의 가장 큰 공로자이자 든든한 버팀목으로 지구의 생명시스템을 떠받치고 있는 매우 소중한 귀한 존재라는 사실을 새롭게 인식해야 할 것이다. 요컨대, 작금의 각종 환경문제는 자연에 대한 인간의 과도한 개입으로 인하여 미생물이 그 역할을 제대로 수행하지 못하고 있기 때문에 발생하는 것이라 할 수 있다.

과연 미생물은 지구라는 환경가옥에 언제 등장하여 이 같은 큰일을 이루어 내었는가?

### 미생물의 출현과 생명의 체계

46억 년 전, 격렬하게 불타는 붉은 덩어리의 모습으로 지구는 태양계에 첫 발을 내딛는다. 화석의 기록에 의하면 지구상에 미생물이 출현한 시기는 약 38억 년 전으로 추정되고 있다. 이 시기의 미생물들은 소위 원핵세포(Procaryote: 염색체인 핵이 핵막 내에 분리되어 있지 않고 세포막 안에 다른 물질들과 혼재되어 있는 형태의 세포)로 구성되어 있는 것이 특징으로 흔히 세균이라 불리는 미생물이 그것이다. 반면, 미생물에는 인간을 포함하여 모든 동·식물의 세포와 기

본적으로 동일한 구조를 하고 있는 진핵세포(Eucaryote: 핵이 핵막으로 둘러싸여 세포질과 분리되어 있으며 세포질 내에 여러 종류의 세포소기관을 지니고 있는 세포)로 구성된 종들이 있는데 곰팡이와 조류, 원생동물이 여기에 속한다.

원핵세포로 이루어진 원시세균들은 지구라는 환경가옥에 첫 입주할 한 그날부터 20억 년이라는 오랜 기간 동안 그들만의 세상으로 존재하였다. 같은 미생물이면서도 진핵세포로 나누어진 원생동물들은 그 이후에야 비로소 환경가옥에 입주할 수 있었던 것이다. 원시세균은 지구생명의 역사 대부분을 다른 생물의 출현을 거부한 채 고고하게 지구를 지배해 왔던 것이다.

무엇이 이토록 오랜 기간 지구를 그들만의 세상으로 만들어 놓았는가? 이에 대한 해답으로 내부공생설의 주창자이자 진화생물학자인 린 마굴리스(Lynn Margulis)의 의견을 들어 보자. 그녀는 이 기간 동안 원시세균들이 이후에 출현할 생명체들을 위하여 생명의 길을 포장해 왔다고 설명하고 있다. 생명의 길이란 무엇인가. 그것은 각 생명체들이 살아 숨쉬기 위해 필요로 하는 양식이 원하는 시기에 적절히 제공될 수 있음을 의미함이다. 요컨대, 이 기간 동안 세균은 지구가 현재와 같이 다양한 생명체들이 살아 숨 쉴 수 있는 생명의 터전이 될 수 있도록 지구상의 모든 물질들을 적절히 순환시키는 생명의 체계를 구축하였던 것이다. 물질순환의 창시자인 미생물에 의하여 비로소 오늘날의 환경이 완성된 것이다.

세균에 의한 생명의 체계가 완성된 시기에 즈음해서 곰팡이와 원생동물 등 진핵세포로 구성된 미생물의 출현이 폭발적으로 이루어진다. 진핵세포인 미생물의 출현으로 말미암아 지구는 물질에 있어서 더욱 탄탄한 형태의 순환구조를 갖추며 생명의 체계를 더

욱 발전시킨다. 그 동안 원시세균들이 보여준 물질의 순환구조, 즉 유기물과 무기물 사이의 생산과 소비, 분해의 연결구조가 진핵미생물의 출현으로 더욱 조직화 되는데, 조류는 생산자로서, 원생동물은 소비자로서, 곰팡이는 분해자로서 각각 그 역할이 전문화된 것이다. 오늘날까지 세균과 곰팡이는 생태계의 분해자로서 물질순환의 가장 중요한 핵심 역할을 담당하고 있는 것은 주지의 사실이다.

한편, 원핵세포인 세균에서 진핵세포인 원생동물로 진화하기 위해서는 세포구조의 획기적인 대변혁이 필요하다. 진화에 소요된 시간을 비교해 보건대, 원생동물에서 인간으로 진화하는데 소요된 시간보다 세균으로부터 원생동물로 진화하는데 소요된 시간이 더 길게 나타나고 있다. 다윈의 진화론에 따르면 진화의 요체는 생물체간 경쟁에 의한 적자생존이며 이는 유전자의 돌연변이를 기초로 하고 있다. 원생동물이나 원시조류에서 오늘날의 동물과 식물로 진화했다는 학설은 그들의 세포구조가 기본적으로 동일하다는 사실로 미루어 돌연변이와 적자생존의 논리는 어느 정도 설득력이 있다 하겠다. 즉, 세포형태는 유지한 채 끊임없는 유전자의 변화를 통해서 새로운 형질을 획득해 왔던 것이다. 그러나 원핵세포인 세균에서 진핵세포인 원생동물로 진화하려면 단순한 유전자의 변화만으론 설명이 충분치 않은데 그 이유 중 하나는 원핵세포와 진핵세포의 중간단계가 존재하지 않는다는 사실이다.

다시 원핵세포와 진핵세포의 차이를 들여다보자. 이 두 세포사이를 명확히 구별해내는 판단기준은 기실 우리가 알고 있는 핵막의 유무라기보다는 세포내에 세포소기관이 존재하는가의 여부라 할 수 있다. 원핵세포에는 세포소기관이 존재하지 않는 반면 진핵세포에는 반드시 세포소기관이 존재하고 있

다. 예컨대, 에너지 생산을 담당하는 미토콘드리아나 광합성을 수행하는 엽록소와 같은 기관이 원핵세포에는 없는 것이다. 세포소기관이란 과연 무엇인가. 세포 안에 있다고 해서 다 세포소기관은 아니다. 세포소기관이란 세포내에 존재하면서 세포막의 화학적성분인 지질이중층(lipid bi-layer)의 외투로 둘러싸인 기관을 말한다. 과연 세포소기관은 어떻게 진화했을까. 린 마굴리스는 일찍이 동물과 식물세포의 대표적인 세포소기관인 미토콘드리아와 엽록체가 원시숙주세균에 호기성세균과 광합성세균이 각각 침입하여 공생관계로 발전한 형태였다는 내부공생설을 주장한 바 있다. 최근에 그녀는 더 나아가 진핵세포의 모든 세포소기관과 심지어 진핵세포에 존재하는 편모(flagella)조차도 원시세균의 후예로서 다양한 원시세균의 합종연형의 결과라는 주장을 하여 학계에 신선한 충격을 던져주고 있다. 즉, 진화의 진정한 요체는 다윈의 주장대로 경쟁의 개념이 아닌 생물들 간의 공생과 협동의 산물이라는 것이 그녀가 주장하는 핵심이라 할 것이다. 그녀는 다윈이후 진화론을 새롭게 쓰고 있는 것이다.

원시세균들은 이들이 오랜 기간 일구어 놓았던 생명의 토양 안에서 서로에게 협력자로서 자연에 공존하는 방법을 터득하며 진핵세포라는 새로운 생명체를 출현시킨 것이다. 오늘날 자연에 대한 무한한 정복욕에서 발로된 인간의 환경파괴행위는 생명시스템의 기본철학과 원리에 완전히 배치되는 행위라 할 것이다. 요컨대, 오래전 미생물에 의하여 구축된 생명시스템의 핵심은 바로 지구 구성원간의 긴밀한 협력과 공존의 체계인 것이다.

## 미생물과 물질순환

생명의 체계의 근본인 원활한 물질순환이

란 무엇을 의미하는가. 전술한 바와 같이 원활한 물질순환이란 물질의 수요와 공급이 균형을 이루며 안정적인 상태를 유지하고 있음을 일컫는다. 요컨대, 지구상의 모든 생명체가 살아가는데 필요한 물질이 원하는 시기와 장소에 적절한 양으로 공급될 수 있음을 말한다.

물질순환의 기본구조는 생물과 무생물사이로 무기물과 유기물이 반복적으로 상호 교환되는 과정으로 볼 수 있다. 즉, 이산화탄소와 물 등의 무기물이 탄수화물 또는 단백질과 같은 유기물의 형태로 전환된 후, 다시 본래의 모습인 무기물로 바뀌는 순환의 과정을 반복하게 되는 것이다.

물질을 주고받는 주체는 지구라는 환경가옥에 살고 있는 생물구성원들로서 이들은 물질과 에너지를 수용하고 전달하는 과정에 있어서 각각의 역할에 따라 생산자와 소비자, 그리고 분해자로 구분하고 있다. 생산자의 주된 역할은 무기물을 유기물로 전환하는 것으로 생태계 내 물질의 최초 공급자로 볼 수 있다.

한편, 물질이 순환되기 위해서는 필연적으로 에너지가 투입되어야 한다. 에너지란 무엇인가? 물리학의 정의를 따르자면 에너지는 ‘일을 할 수 있는 능력’이다. 또한 일(work)이란 힘(force)에 거리(distance)를 곱한 값으로 나타낸다. 즉, 에너지란 물질에 힘을 가해서 일정거리를 움직이게 할 수 있는 능력인 셈이다. 따라서 에너지의 투입이 없이는 물질은 어떠한 이동도 할 수 없으며 다른 형태로의 전환도 불가능하다. 물질의 순환에는 에너지의 유입이 절대적인 것이다.

생산자가 태양에너지를 이용하여 무기물을 유기물로 전환시키는 과정을 광합성이라 부른다. 즉, 무기물인 이산화탄소를 유기물인 포도당으로 전환시키기 위하여 빛으로부터 에너지를 뽑아 쓰는 행위를 일컬어 광합성

이라 하는 것이다. 많은 사람들이 광합성이라 함은 녹색식물의 전유물인 것처럼 인식하고 있는데 이는 잘못된 생각이다. 식물이 수행하고 있는 광합성기작은 녹색식물이 출현하기 훨씬 이전인 약 38억 년 전에 환경가옥에 입주한 시안세균(cyanobacteria)이라는 광합성세균으로부터 물려받은 것이다. 시안세균의 이러한 공로에 힘입어 지구는 원시대기로부터 오늘날의 대기와 같은 산소가 풍부한 환경을 조성할 수 있었으며 이로 인하여 지구는 더욱 풍성한 생물다양성을 갖추게 된 것이다. 한때 지구 대부분의 지역을 점령하며 현재의 대기를 조성하여 다양한 생물의 출현을 가능케 하였던 시안세균은 이후 그들의 기능을 후손인 식물에게 전수하며 생산자로서 절대강자의 자리를 내 주었지만 현재에도 미생물조류와 더불어 다량의 이산화탄소를 흡수하고 있음은 물론 대기 중의 질소마저도 암모니아로 전환시킬 수 있는 전천후 기능을 보유한 살아 있는 화석과 같은 존재라 할 수 있다.

일찍이 산소가 없던 원시대기의 시절에서도 세균은 광합성을 수행할 수 있었다. 이들이 바로 혐기성 세균인 홍색 및 녹색 광합성세균으로 지구생물 중 최초로 태양에너지를 끌어들이 생체에너지로 전환시킬 수 있는 생명의 기술을 고안한 자들로서 지구역사를 통틀어 최고의 기술개발자라 아니할 수 없을 것이다.

한편, 세균 중에는 태양뿐만 아니라 무기물로부터 에너지를 공급받아 유기물을 생성할 수 있는 독특한 생존기술을 보유한자들이 있는데 바로 암모니아나 수소, 황, 철 등의 무기물을 산화시켜 살아가는 미생물이 그들이다. 에너지마저도 태양에 의존하지 않고 지구에 존재하는 물질로 자급자족하고 있는 이들이야말로 환경가옥의 진정한 생산자라 할 수 있을 것이다.

미생물에 의한 물질순환의 백미는 단연코 유기물을 무기물로 전환시키는 기술일 것이다. 흔히 생태계에서 미생물의 역할을 거론할 때 분해자라는 꼬리표가 항상 붙어 다니는데 이는 생물구성원 중 미생물만이 유기물을 분해하는 기술을 지녔다고 생각하기 때문이다. 그러나 유기물을 분해하는 기술은 생물체의 모든 세포가 지닌 기술로써 세포내 효소가 이를 담당하고 있다. 다만, 미생물의 경우, 단세포로 존재하면서 효소를 세포외부로 방출하여 유기물을 분해한다는 것과 인공합성물질을 제외하고 자연계에 존재하는 어떤 형태의 물질도 분해가능하다는 것이 생태계의 진정한 분해자로서의 면모라 할 것이다.

산소가 사라지기 전에는 그 소중함을 깨닫지 못하듯 곰팡이와 세균이 없는 세상을 상상해 보면 이들의 역할이 얼마나 중요한지 새삼 느낄 수 있다. 오늘날 자연에 대한 인간의 각종 행위가 (특히 화석연료의 사용에 따른) 물질순환의 위대한 창시자인 미생물의 활동을 극도로 위축시키고 있다는 사실을 상기해 보면 작금에 발생하고 있는 환경문제의 심각성을 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 요컨대, 안정적인 물질의 생산과 분해 과정을 통하여 세균들은 동토의 지구위에 최초로 생명의 체계를 구축하였으며 이들의 후손인 진핵미생물의 출현으로 그 체계는 더욱 견고해졌던 것이다.

### 환경문제와 미생물의 역할

전술한 바와 같이 작금에 발생하는 각종 환경문제의 일차적 원인으로 인간의 지구자원에 대한 과도한 욕심과 자연에 대한 무분별한 간섭, 생명시스템에 대한 인식부족 등을 지적할 수 있을 것이다. 이러한 요인들은 결과적으로 지구라는 환경가옥의 운영체계

인 생명시스템에 이상을 초래하고 있는 것이다. 생명시스템이란 물질의 안정된 수급에 의한 원활한 물질순환의 관계이며 이 같은 관점에서 환경문제란 물질의 수급불균형을 의미한다.

오늘날 전 지구적인 환경문제, 즉, 지구온난화, 산성비, 오존층의 파괴, 화학농약 및 화학비료, 각종 인공합성물질에 의한 토양 및 수질오염 등의 환경문제들은 화석연료의 사용으로부터 비롯된 것이다. 화석연료란 무엇인가. 석유, 석탄, 천연가스 등의 화석연료는 수천 억년의 장구한 세월을 두고 과거의 동·식물로부터 생성된 물질이다. 오늘날 심각한 환경문제란 바로 이 같은 화석연료를 불과 몇 세기도 안 되어 소진하려는 과정에서 발생하게 된 것이다. 요컨대, 생성되는 시간과 소비하는 시간의 과도한 불일치에서 필연적으로 발생된 환경문제라고 볼 수 있다.

18세기 산업화와 폭발적인 인구증가, 석유산업의 발달 및 대량소비행태는 자연계에 물질의 과도한 유입을 초래하며 결국 지구는 자원고갈과 함께 환경오염이라는 멍에를 짊어지게 되었다. 최근 들어 인간은 화석연료를 더욱 대량으로 소비하며 물질의 수급불균형을 부채질하고 있으며 이는 결과적으로 지구구성원, 특히 원활한 물질순환의 일등공신인 미생물의 역할을 둔화 또는 정지시킴으로써 이들이 건설한 생명의 체계에 심각한 균열이 발생되고 있다 하겠다.

예컨대, 화석연료로부터 생성된 각종 인공합성물질들은 미생물에게 낯선 이방인으로 다가와 자연계에 잔류함으로써 인체독성과 환경오염의 문제를 낳고 있으며 석유화학에서 유래한 화학비료와 농약들은 토양의 산성화를 촉진시키고 토양 내 미생물의 개체수를 감소 또는 전멸시킴으로써 토양기능의 상실은 물론 토양오염과 이로 인한 토양의 황폐화를 가속화시키고 있다. 산성비 및 각

종 대기오염물질로 인하여 산속의 낙엽들이 썩지 않아 산림토양 및 식물의 생육에 큰 지장을 초래하고 있으며 도시화와 인구의 증가로 인하여 발생된 많은 양의 유기성폐기물들은 미생물에 의해 적절히 처리되지 못한 채 토양과 바다에 버려짐으로써 육상 및 해양생태계를 위협하고 있다.

오염이란 양적인 문제(a matter of quantity)이다. 정화능력 이상의 물질이 생성되었을 때 오염은 발생한다. 자연계의 정화기능이란 생명시스템 내 구성원들의 물질순환기능이며 그 중심에 미생물이 자리하고 있다. 소비되는 물질의 과도한 유입은 결국 미생물의 자정능력을 떨어뜨리며 환경문제의 근본원인이 되고 있는 것이다.

인간의 행위로 말미암은 환경가옥의 열악한 환경에도 불구하고 미생물들은 오늘도 원활한 물질순환을 위한 분해자로서의 소임을 묵묵히 수행하고 있다. 작금에 발생하고 있는 각종 환경문제에도 이들은 특공대로 투입되어 위기의 지구를 살리기 위한 노력에 최선을 다하고 있다. 산업현장 및 가정에서 발생되고 있는 각종 폐수 및 생활하수는 거의 미생물에 의해 정화되고 있으며, 기름 등, 난분해성 및 독성물질로 오염된 토양에서도 정화를 위한 그들의 노력을 게을리 하지 않는다. 버려지는 많은 유기성폐기물(음식물쓰레기, 축산분뇨, 폐·하수 슬러지 등)들은 미생물의 좋은 먹잇감으로써 이들은 이를 가축의 먹이나 양질의 퇴비 또는 건강한 토양재로 환원시키고 있으며, 또한 이들에 의해 수소, 에탄올, 메탄가스와 같은 바이오에너지로도 전환이 가능하여 화석연료를 대체할 미래에너지의 소재로도 활용할 수 있다. 화학농약과 비료의 남용으로 황폐화된 토양은 미생물에 의해 만들어진 친환경 농약과 비료를 사용하여 토양미생물의 기능을 되살려 줌으로써 건강한 토양으로 거듭날 수 있다.

지구온난화의 주범으로 지목되고 있는 이산화탄소도 광합성세균을 적절히 활용한다면 발생원으로부터 차단할 수도 있을 것이다. 그야말로 이들을 이용한 환경문제의 해결방법은 그 한계를 가늠하기 힘들 정도이다.

이 땅에 일찍이 생명의 체계를 구축하며 지구의 생명을 이끌어 왔던 미생물들은 현재에도 그들의 무한한 가능성과 잠재력으로 작금의 각종 환경문제를 타개할 위대한 해결사로서의 역할에 최선의 노력을 경주해 나갈 것이다.

### 나오면서

요즘 마스크는 연일 온난화로 치닫고 있는 지구의 위기에 대하여 대서특필이다. 과연 현재 지구위기의 실체는 무엇이고 이를 해결하기 위한 근본적 방법은 무엇인가. 위기의 지구를 구하기 위해서 가장 먼저 취해야 할 행동은 무엇인가. 신음하는 지구를 살리기 위해서는 우선 지구를 알아야 한다. 흔히 문제 있는 사람을 치유하기 위하여 그에 대한 출생과 성장과정을 들여다보듯, 문제 있는 지구를 치료하기 위해서는 지구의 과거에 대한 이해가 선행되어야 할 것이다.

누가 지구라는 환경가옥의 최초입주자이고 이후의 입주자들은 어떻게 그 가옥에 들어오게 되었는지, 지구의 역사를 통하여 환경가옥은 어떠한 변모를 해 왔는지, 한때 환경가옥에 입주했다가 퇴출의 불명예를 안고 사라진 자들은 어찌해서 그리 되었는지, 도대체 환경가옥은 어떻게 만들어지고 누가 운영해오고 있는지, 과연 환경가옥엔 규칙과 질서는 있는지, 있다면 어떤 것들이 있는지 등등. 이에 대한 진정한 이해를 통하여 우리는 현재 부실하고 위태로운 환경가옥을

바로 진단하고 적절한 처방을 내릴 수 있을 것이다.

지구는 우리가 알고 있는 한, 생명이 존재하는 유일한 행성이다. 따라서 지구의 역사는 생명의 역사라고 해야 할 것이다. 무수한 생명이 살아 숨 쉬고 있는 환경가옥, 지구에 첫 발을 내 디딘 생명체는 지금으로부터 38억 년 전 원핵세포의 세균들이었다. 그들은 20억년 동안 외롭게 생명의 길을 포장하며 완벽한 물질순환의 생명시스템을 완성시켰으며 이로써 다른 생물들의 출현을 허락하였다.

오늘날 환경가옥 최후의 입주자인 호모 사피엔스는 이곳의 법과 질서를 무시하고 가옥의 실질적 소유주인 미생물과 그들의 후손인 많은 동·식물들의 자리를 내쫓고 집주인인양 허세를 부리며 환경가옥을 파괴하고 있다. 인간이 판단하기에 가장 작고 보잘것 없는 미생물, 그들은 그러나 자연의 진정한 소유주이자 실질적 경영자이며 또한 최후의 승자가 될 것이다. 위기의 환경가옥 지구가 탈출의 비상구를 찾기 위해서는 보이지 않는 이들 미생물의 역할과 위상에 대한 올바른 평가가 선행되어야 할 것이다.

미생물학자 데이비드 펄먼(David Perlman)은 그의 저서 ‘응용미생물학의 법칙(Laws of Applied Microbiology)’에서 미생물에 대하여 다음과 같은 글을 남기고 있다. “미생물은 항상 올바르며 진정한 우리의 친구이다. 우매한 미생물은 존재하지 않는다. 미생물은 무엇이든 할 수 있으며 어떤 것이든 해낼 수 있다. 미생물은 어떤 화학자나 공학자보다도 똑똑하고 지혜로우며 힘 또한 넘친다. 지금 그대가 이들을 잘 돌봐준다면 그대의 미래는 이들이 지켜줄 것이다.”