

## 서론

- \* 해방을 - 외적으로 해방은 억압은 억압자가 휘두르는 경제적, 정치적, 이데올로기적 속박을 벗어 던지는 것. 내적 의미로는 억압자의 지배 이데올로기를 내면화한 데서 벗어나는 것.
- \* 생명에 대한 통상적인 패러다임 - 생명체를 스스로 경험하는 주체로서 대하기보다는 조작될 수 있는 객체로서 다루고, 인간집단을 대상 세계의 일부로 취급하는 경향.
- \* 이중적 의미에서 생명의 해방 - 세포에서부터 공동체에 이르기까지 모든 것을 통틀어 대상화하는 특성으로부터 그 개념을 해방. 살아있는 피조물을 조작하고 관리하던 것에서부터 생명을 온전히 존중하는 것으로의 변화.
- \* 자크 모노는, 진화를 “우주의 천을 짜나가는 웅장한 프로그램의 전개”로 간주하는 “물활론적 이데올로기”라는 페이야르의 입장에 반대. 모노는 이 우연성의 원칙에 필연성의 원칙을 덧붙여서 《우연과 필연》이라고 하는 유명한 책. 그가 이야기하는 필연성이란 생명체가 번식하기 위해서는 최상의 유전적 특성을 선택한다는 것. 지구의 미래는 다만 우연과 필연의 손에만 내맡겨 있는 것이다 아니고, 인간의 결단이 중요.

## 제 1장 분자생태학·개체생태학·집단생태학

- \* 생물학의 한계 - 생명 현상에 대한 지식과 이해가 폭발적으로 증가하는 시대. 그러나 생물학이 광범위한 생명의 영역에 대해 전체적 조망을 해주지 못함. “생명이란 실험실에서는 결코 사용할 수 없는 추상명사다.”
- \* 생물과 무생물의 정의 - 원자와 분자의 구조, 원자와 분자의 관계에 기인. 원자와 분자의 생태와 연관. 죽은 해파리는 여전히 동일한 원자로 구성 그러나 분자들 사이의 관계에는 변화가 발생.
- \* 분자 생태학(molecular ecology) - 분자의 생태적 관계성에 대한 이해가 생명을 이해하는데 결정적.
- \* 개체 생태학(organismic ecology) - 건강한 생물체는 생체 기능과 주변 환경 사이에 적절한 관계를 유지하고 있다.
- \* 집단 생태학(popular ecology) - 한 개체의 행복한 삶은 이웃과의 생태적 관계성에 따라 좌우된다.

## 바깥에서 안으로 들여다보기

- \* 지구 행성이 생겨난 때로부터 대략 5억 년 후에, 얇은 열대 바닷물에서 고분자물질이 출현. 분자의 구성에 있어 탄소 원자를 가지고 있는, 이른바 유기물의 역사가 시작된다. 이 유기물의 출현은 외형적으로 ‘격렬한 전기 폭풍’(violent electrical storms) 과 관계.

\* 유기물의 가장 큰 집합체는 바이러스와 유사한데, 바이러스는 생물체 밖에서는 물질에 불과하지만, 살아있는 세포 안에서는 생물체로 인식됨.

\* 다음 단계는 세포가 모여서 더 복잡한 생물체 개체를 이루는 것. 세포 집합체 가운데 일부는 물을 분해하기 위해 2단계의 광화학적 과정은 세균에서 먼저 일어났고, 이어 청록조류와 식물에서도 일어남. 그러한 광합성 생물체는 주변의 물을 사용, 물이 수소와 산소로 분해되었고, 산소가 대기에 공급됨. 한편, 수소는 탄수화물과 지방의 분자를 형성하기 위해 이산화탄소와 결합하고, 이어서 그러한 분자는 단백질 같은 다른 분자를 형성하는 데 필요한 에너지를 생성하는 연료로 사용. 중요한 점은 이제 식물이 주변에 있는 이산화탄소와 물 같은 저분자물질을 섭취하여, 온갖 고분자물질을 생성.

\* 태양이라는 풍부한 에너지 공급원 덕분에 식물은 왕성하게 증식하면서 번성. 동물은 태양으로부터 에너지를 얻는 것이 아니라, 식물이 저장하고 있는 연료로부터 에너지 획득. 이 단계의 생명은 대기 중의 풍부한 산소를 이용하여 고분자물질을 저분자물질로 분해하면서, 그 과정에서 에너지를 얻음.

\* 동물의 생명은, 처음에는 바다에서 시작하여 강까지 침범해 들어갔고, 다음에는 건조한 육지까지 뻗어나감. 식물도 종류대로 번성. 생명체는 고도의 질서를 가진 고분자물질 구조화.

\* 우주 저 멀리에 유기물 분자가 존재한다는 사실은, 설사 그것이 생명체에 특징적인 고분자와 비교하여 매우 단순한 구조로 되어 있다고 해도, 생명체의 기원에 대한 대안적 시나리오를 제공할 수 있다는 측면에서 근대적 관심사. 지구상에서는 단순한 유기물이 발전하여, 생명의 고분자적 특성을 만들어내고, 모든 녹색 식물이 단순한 유기물로부터 고분자물질을 합성.

\* 소프(Thorpe)가 지적한 것처럼 천동변개라도 일정한 구조를 가지고 있음. 모노는 생명체와 기계의 공통점, 그리고 그 각각의 구성요소들의 공통점이 “목적이나 계획을 부여받은 것”이라고 묘사함으로써, 정확히 소프와 동일한 관점을 피력.

\* 요약하여 정리하면, 생명체는 특수한 종류의 고분자물질로 이루어져 있고, 기계는 그렇지 않음. 생명체는 내부적으로 자기 자신을 설계해 나가는 요소들에 의해 그 구조가 유지되지만, 기계의 설계는 외부적 요소에 의존. 생명체는 스스로 번식할 수 있으나, 기계는 그렇지 않음.

### 분자생태학

\* 슈뢰딩거는 생명의 가장 명확한 특징으로, 우주의 양성 엔트로피의 일반적인 경향 범위 안에 있는 음성 엔트로피를 꼽았다. 우주 전체는 질서가 덜 잡혀있는 반면에, 살아있는 실제의 고립 현상은 질서를 낳는다. 생명은 질서화 과정.

\* “어떻게 생명체가 우주의 일반적인 경향에 역행할 수 있는가?” 이 물음에 대한 그의 대답은 ‘정보를 받음으로써’. 그의 표현대로 하면, “생명은 정보를 먹고 살아간다.” 이처럼 정보를

받는다는 것이 생물학의 기본 메커니즘에 필수적이라는 생각은 널리 수용되어온 사실. 이 정보는, 세균이든지 혹은 사람이든지 모든 생명체에서는 기본적으로 DNA분자에, 그리고 어떤 바이러스의 경우에는 RNA에 암호화되어 있다. 모든 사람의 개개 수정란은 정보의 보관소.

\* 어떻게 DNA 분자가 세균에서부터 인간에 이르기까지 생물체의 특징을 결정할 수 있을까? DNA의 구조는 마치 사다리에서처럼 층층이 연결되어 있는 이중나선형. DNA는 단백질의 구조를 결정하는 암호화된 정보를 가지고 있는데, 그 단백질이 생물체의 발생과 유지에 중요한 역할을 담당. 단백질은 아미노산으로 되어 있다. 그리고 아미노산의 종류만 해도 20여 종. DNA 언어와 단백질 언어 사이의 관계를 유전암호라.

\* DNA 분자는 복잡한 분자 안에 있는 원자들의 특별한 관계에 의해 존재. 더 나아가서, DNA 분자의 기능은 그것이 작용하는 환경에 의존. 다시 말해, 세포에서 핵 이외의 부분에 있는 분자의 특정 형태에 의존. 이러한 의미에서 분자생물학은 분자 수준에서 다루는 생태학.

### 개체생태학

\* 출생에서 죽음까지 생물체의 생활사는 질서의 출현, 질서의 유지, 그리고 질서의 소멸로 기술할 수 있음. 여기서 질서의 출현을 발생(development)이라고 하고, 질서의 유지를 생리(physiology)라고 함.

\* 발생과 생리 양쪽에 막대한 영향을 미치는 환경이 있기 때문에, 개체만을 독립적으로 연구할 수는 없음. 발생과 생리는 모두 개체 수준에서 수행하는 생태학적 연구.

\* 분자로부터 구조가 발생한다는 것은 분자에서 세포로, 그리고 세포에서 기관으로 가는 질서화 과정을 의미. 조립과정의 몇몇 단계는 적절한 분자들 사이에서 자연적으로 발생하는 화학적 결합에 의존. 또 다른 단계는 발생 중의 세포 안에 있는 DNA나 RNA에 의해 조절되거나, 생물체의 다른 부분과 환경으로부터 유래된 물리화학적 메시지에 의해 조절.

\* T4 바이러스는 머리, 목, 깃 그리고 꼬리를 가진 끝판(end-plate)으로 구성. 파지는 단지 두 가지 종류의 고분자물질, 즉 단백질과 머리 안에 있는 DNA로 구성. 바이러스 단백질의 자가조립은 분자 수준에서 대단히 기이한 질서의 수준을 창출. DNA는 특정 단백질의 생산을 담당. 숙주세포의 역할이 없는 것은 아니지만, 단백질의 배열은 주로 바이러스 자가조립의 결과.

\* 와딩턴(C. H. Waddington) - 난자로부터 성체가 되는 전체 생물체의 발생에 생태학적으로 접근한 가장 위대한 개척자.

\* 배아 발생과정의 각 단계에서는 특정 유전자가 활성화되어 특정 단백질의 합성을 유도하는데, 이로써 두 가지 결과가 초래. 하나는 새로운 구조가 구축되는 것이고, 다른 하나는 새로운 나타난 단백질이 배아에 이미 존재하는 구조에 대한 다른 일련의 유전자를 활성화시킴으로써 세포를 변형시키는 것. 세포는 계속 다른 유전자를 자극하면서 단백질에 반응하여 계속해서 변형. 따라서 발생이란 한 단계가 다음 단계를 준비하고 또 시작하게 하는 생태학적인 연속과

정. 점진적으로 변화하는 유전자 활성을 서로 상호작용하는데, 어떤 단 한 가지 발생경로만 가능하도록 하는, 즉 총체적인 전체 생물체의 생성을 유도하는 방법을 사용. 어떻게 그것이 가능한가하는 것은 진화의 문제.

\* 또 다른 예 - 스트레스가 쌓일 때 부신의 역할. 사람의 부신은 각 콩팥에 부착되어 있는 콩모양의 기관. 부신의 중심부인 부신수질은 아드레날린(*adrenalin*)과 노르아드레날린(*noradrenalin*)을 분비. 부신의 겉 부분인 부신피질은 여러 가지 또 다른 호르몬을 분비.

\* 아드레날린이 뇌의 기저부에 있는 뇌하수체를 자극하면, 이어서 부신피질이 자극되고 호르몬의 분비를 시작. 그렇게 되면 신체 조절이 지연되어 스트레스가 유발되는 결과를 낳게 됨. 이러한 스트레스 상황과는 확실히 독립적으로, 부신피질 분비에는 일상적 리듬이 존재. 사람의 경우 부신피질 호르몬은 날이 새기 직전에 분비되어 하루의 신체활동을 조율.

\* 개체는 자기 주변을 둘러싸고 있는 외부 세계와의 관계를 통해 존재. 그 세계란 바로 물리적 · 화학적 · 심리학적 조건이라 할 것인데, 생육하고 번성하기 위해서는 그러한 세계와 적절한 관계를 유지하며 조절해야 하는 것.

#### 집단생태학

\* 같은 종에 속한 다른 개체이든 포식자 같은 다른 종이든, 질병이든 식량, 서식처의 부족이든 기후이든 간에, 개체 생물체의 환경을 구성하고 있는 모든 요소는 생존경쟁이 구성요소. 경쟁이란 삶과 죽음 그리고 출생에 영향을 미치는 어떤 것.

\* 다윈이 이른바 자연경제와 생존경쟁이라고 불렀던 것을 에른스트 헤켈 (Ernst Haeckel, 1870)은 '생태학'(ecology)이라고 명명. 헤켈이 생태학에 관해 서술한 바에 의하면, "생태학은 자연경제에 관한 지식의 실체를 의미하며, 유기적 환경과 무기적 환경 양쪽 모두에서 동물과의 총체적 관계성에 관한 연구이다. 무엇보다도, 동물과 식물이 직접적 혹은 간접적으로 접촉하면서 발생하는 친화적 혹은 적대적 관계를 모두 포함한다." 한마디로 생태학이란 다윈이 생존경쟁의 조건으로 간주하였던 모든 복합적 관계를 연구하는 학문.

\* 생태학은 현재의 종(種)을 유지하는 현상뿐만 아니라 종이 소멸하는 원인에 대해서도 연구하는 학문. 현재 지구상에 살고 있는 동물과 식물의 종수는 약 200만 종에 이르는데, 이는 생명이 생성된 여명기 이래 존재해왔던 모든 종의 겨우 1%에 불과.

\* 어떤 생물종의 생존과 생식을 위한 투쟁은 두 가지 전략을 사용. 개체의 적응과 위험분산. 1) 적응은 정체적 과정이 아니라 역동적 과정. 2) 위험 분산의 첫째, 유전적 이질성(*genetic heterogeneity*)이란 집단 속에 있는 개체가 유전적으로 다양함을 의미. 환경적 이질성(*environmental heterogeneity*) - 우기와 건기에 동물의 이동.

#### 생명의 그물과 '자연의 균형'

\* 다윈은 뱀벌과 다른 종, 그리고 환경의 다른 구성요소 사이에 존재하는 관계의 그물을 추적, 한 가지 구성요소를 변경시키면, 그 영향은 아주 광범위하게 나타난다는 사실이 밝힘. 그런데 실제로 중요한 논점은, 다윈이 서로 다른 종의 개체들 사이에 존재하는 연관성의 복잡한 그물 안에 생존경쟁의 원리가 있음을 주장했다는 사실. 그것은 생물체들이 생존을 위해 투쟁하는 가운데 일어나는 우연한 변이들의 자연선택에 의해 이루어짐.

\* 상호의존성(*interdependence*)의 원칙은 단순히 먹이그물과 관계가 있을 뿐만 아니라, 개체 생물이 주변 환경의 다른 측면들과 맺는 연관성에도 관련. 자연 상태에서 원소의 순환이 그 좋은 예.

\* 반면에 우리 인간 사회는 극도로 소모적이다. 산업사회의 생산품 중 재활용이 가능한 것은 극히 일부. 어떤 종류의 인간 활동은 아예 순환을 방해해서, 재활용 대신에 계속적으로 누적된 생산품을 사용해야 하는 단선적인 연쇄 반응을 불러일으킴. 산소가 없는 환경에서 분해되지 못한 생산물이 누적되면, 순환은 멈추고, 스스로 지탱하던 체계는 더 이상 지탱할 수 없는 상태로 전환.

\* 생물체와 그 환경 사이의 필수적인 상호관계가 손상을 입었을 때, 단순히 자연의 균형이 전복되었다고 말하는 것보다는 어떤 방식으로 그렇게 되었는지 구체화할 수 있어야. 이러한 문제들은 다윈이 말한 생명의 그물이라는 관점에서 더 잘 이해할 수 있음.

\* 환경이란 살아있는 생물체를 위하여 제한적인 수행능력을 가지고 있기 때문에, 영원한 성장이란 존재하지 않음.

\* 자연 질서의 존재는 오랫동안 직관적 통찰의 대상이 되어 왔는데, 새로워진 것이 있다면, 현대 과학이 이 질서의 특징을 규명한 내용. 그러나 '자연의 균형'이라는 표현은, 질서에 관한 실제적 질문에 대해 전(前) 과학적 답변으로 제시된 것이었음.

\* 헤로도투스, 플라톤, 토마스 브라운 경 (Sir Thomas Browne)의 '섭리생태학,' 인구통계학의 창시자인 존 그론티 (John Graunt), 매튜 헤일 경 (Sir Matthew Hale)의 '열 변동' (*heat fluctuation*)이라고 부른 개념, 존 레이 (John Ray)의 자연신학, 레이의 제자인 윌리엄 더햄 (William Derham)의 물리신학, 알렉산더 포프 (Alexander Pope)의 《인간에 관한 명상》 (*Essay on Man*), 스웨덴의 위대한 식물학자 린네 (Linnaeus)의 《자연의 경제》(*Oeconomia Naturae*).

\* 종이 멸종하게 된다는 사실에 관한 갈등은 대체적으로 1800년까지 계속. 그리고 극소수의 자연주의자들만이 '자연의 균형'에 대한 전통적인 관점의 진가를 인정. 그중 한 사람이 알프레드 러셀 월리스(Alfred Russel Wallace).

\* 여기서 해묵은 '자연의 균형' 개념에 관한 첫 번째 비판적인 문제제기에 직면. 그리고 찰스 다윈의 《종의 기원》(*The Origin of Species*)에서 그 문제제기는 계속. 월리스와 다윈이 각각 독자적으로 발전시켰던 진화의 이론은 멸종의 사실을 완벽하게 수용. 정말로 모든 종은 운명

적 멸종을 맞이하는 것으로 추정. 윌리스와 다윈의 생존경쟁에 관한 발상은 새로운 강조점을 제시하였는데, 그것이 바로 자연의 불안정성 내지 가변성.

\* 다윈이 혁명적인 발상은 '자연의 균형' 학파의 생태학적 이론가들에게 생각보다는 별로 큰 영향을 끼치지 못함. 오늘날의 생태학은 생물학의 다른 어떤 분야 못지않게 독립된 분과가 될 필요. 건전한 생태학은 '자연의 균형' 같은 그럴듯한 단어나 문구에 의존하는 것에서 탈피하여 현장의 실제적인 관찰과 실험적 조작에 더욱더 의존할 것임. 건전한 생태학은 환경에 대한 분석과 그 환경의 구성요소가 생존과 증식에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 분석에 의해 구축.

### 결론

\* 생물학을 전체적으로 조망하는 현대적 방법은 수준(*level*)이라는 개념에 비추어 살펴보는 것. 세포 수준, 개체 수준, 집단 수준.

\* 복잡한 분자-세포-조직-기관-개체를 구성하는 과정은 모든 살아있는 생물체의 일상생활에서 항상 진행되고 있는데, 이것이 바로 엔트로피가 감소되거나 질서가 증가하는 과정. 살아있는 생물체는 그 과정이 일어나고 있는 우주의 아주 작은 구성요소 중에 끼어 있음.

\* 생물체 전체의 생명은 질서의 출현, 질서의 유지, 질서의 소멸. 생명의 발생이란 질서의 점진적 출현. 그것은 생태학적 맥락에서 가장 잘 이해될 수 있음. 발생과정에 있는 인간은 유전자에서 연유된 내부적 요인과 환경에 의해 부여된 외부적 요인의 산물.

\* 인간이 수렵과 채집을 그만 둔 이래, 지구상에서 생명을 지탱하는 문제는 이제 훨씬 더 많이 인간의 손에 달려있게 되었고, 그 책임은 점차 늘어나고 있는 실정.

### Topics for Discussion

- 1.
- 2.
- 3.