

자연을 바라보는 새로운 시각

조흥범 (서경대학교 화학생명공학과 교수)

자연을 어떻게 바라볼 것인가의 문제는 참으로 중요하다. 왜냐하면 우리는 자연의 일부이므로 자연의 질서를 유지하는 제 법칙들은 곧 우리 삶의 운영 원리가 될 것이기 때문이다.

오늘날 우리 사회는 치열한 경쟁 상태에 놓여 있다. 국민 소득은 올라가는데도 생활이 전보다 어렵다는 사람은 더 많아지고, 부익부 빈익빈의 양극화 현상은 심화된다. 그럼에도 우리는 자연 그 자체가 치열한 경쟁 상태에 놓여 있기 때문에 우리 사회 역시 경쟁이 불가피한 것으로 받아들이며, 자연의 질서를 거스를 수 없다고 체념한다.

과연 자연의 질서를 유지하는 핵심 원리는 경쟁일 수 밖에 없는가?

▶ 생태학의 배경

자연과 내가 둘이 아니라는 우리에게 당연한 '신토불이'의 정서도 서구 문명에서는 최근의 자각이다.

일찍이 서구 문명에서는 '인간이란 윤리적이고 문화적이며, 환경이나 유전자와 같은 생물학적 결정인자를 초월할 수 있는 이성적 존재'로 자리매김해 왔다.

이러한 인식은 자연과 인간을 이분법적으로 구분하고, 자연의 모든 존재는 인간을 위한 수단적, 도구적 가치로만 평가했으며, 결국 오늘날 광범위한 생태계의 파괴와 범지구적 환경 위기를 초래하게 된 근본적인 원인으로 작용하였다.

이에 대한 자각은 학문적으로 인간과 자연의 순환관계에 대한 새로운 인식을 바탕으로 하는 생태학의 발달을 가져왔으며, 오늘날 생태적, 윤리적, 철학적으로 다양한 고찰이 이루어지고 있다.

하지만 현대 주류 생태학에서 지나치게 강조하는 바는 '경쟁의 패러다임'으로 자연의 질서를 해석한다는 점이다. 경쟁은 포식과 피식, 공생, 상조, 기생, 중립 등과 같이 생물들 간의 다양한 상호관계를 설명하는 가치중립적인 생태학적 용어 중 하나이지만 실제로 자연에서 이러한 상호관계가 고착된 예는 찾아보기 힘들며, 생물들 간의 상호관계는 오히려 유동적이고 순환적이다.

다시 말하면 생물들 간의 관계성은 생태계의 안정성과 항상성을 유지하는 방향으로 때로는 경쟁적이나 때로는 협동하면서 궁극적으로 상호공존을 지향하며 유연하게 맺어진다.

결국 우리가 말하는 건강한 생태계란 약육강식의 세계에서 살아남은 강한 생물들

만이 생존하는 공간이 아니라, 다종다양한 생물들이 서로 조화롭게 공존하는 생태계를 말한다.

▶ 약육강식과 적자생존

그럼에도 불구하고 우리는 자연의 질서가 경쟁에 의해 유지된다고 믿는다.

이는 '생물은 무한히 증식하려는 본능을 가졌으나, 이용할 수 있는 자원은 제한되어 있기 때문에 필연적으로 모든 생물에게 있어서 경쟁이란 불가피하다'는 전통적 다윈주의자들의 주장을 우리 스스로 신봉하기 때문이다.

150여년 전 다윈(Charles Darwin)은 '자연계의 모든 구성원은 다른 생물 또는 외부의 자연과 전쟁 중'이라 하였고, 헉슬리(Thomas Huxley)는 좀 더 극단적으로 '동물의 세계는 휴식시간이 없는 검투사의 시합'이라 표현했었다.

▶ 과연 생물은 무제한적으로 성장하려는 본능을 가졌을까?

다윈은 코끼리의 예에서 다음과 같이 설명했다.

코끼리는 30살이 되면 새끼를 낳기 시작해서 90살까지 출산을 할 수 있는데, 한 쌍의 코끼리가 일생동안 6마리를 출산하게 되고, 이로부터 750년이 지나면 한 쌍의 코끼리가 1,900만 마리에 이를 것이다. 그렇게 되면 이 지구는 코끼리로 뒤덮일텐데 실제로는 그렇지 않다. 왜냐하면 굶주림, 이상 기후, 질병 등 외부요인에 의해 '죽음'으로써 그 군집의 규모가 조절되기 때문이라고 하였다.

하지만 실제 코끼리 암컷이 생식능력을 가지는 시기는 8살에서 30살까지 다양하며, 대체로 55세까지 출산이 가능한 것으로 알려졌다. 코끼리 군집이 적절한 규모를 넘어서면 생식 가능한 시기가 늦어져서 30세에 이르러서야 임신이 가능하고, 만약 적절한 군집의 규모보다 작아지면 8세부터 임신이 가능하다는 것이다. 이는 무작정 번식을 하고, 그 군집의 적정 규모는 외부요인에 의한 죽음으로써 조절되는 것이 아니라 코끼리에게 있어서는 적정 군집규모를 유지하는 내적 조절기작이 있음을 시사한다.

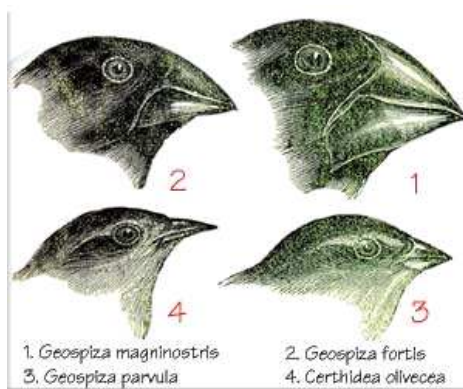
야생의 코끼리 사회에서 일어나는 이와 같은 일은 실험실에서도 관찰이 가능하다. 생쥐를 두 그룹으로 나누어 사육을 하는데, 한 그룹은 사육공간에 적절한 규모로 사육을 하고 다른 그룹은 과밀한 규모로 사육을 하면서, 생식 주기를 관찰해 보았다. 적절한 규모의 사육 집단에서는 암컷의 배란 주기가 매우 규칙적이었으나, 과밀한 사육 집단에서의 암컷은 배란 주기가 점차 불규칙해지다가 마침내 배란을 멈추게 되는 것이다.

이러한 현상은 생물이 무한히 증식하려는 본능을 가지고 있는 것이 아니고, 삶을 영위하는데 적절한 군집의 규모를 스스로 조절할 수 있다는 증거이다.

이러한 예는 매우 많다. 집에서 기르는 닭들도 그대로 두면 한배에 품을 수 있도록 12개 내외의 알을 낳지만, 매일 매일 알을 제거하면 1년에 350 여개의 알을 낳는다. 새들 중에는 군집내에 새끼를 낳지 못하는 새들을 예비로 비축하다가, 만약 사냥 등에 의해서 수컷의 개체수가 급격히 줄어들면, 생식능력이 없었던 예비의 새들이 수컷으로 대치됨으로써, 자신들의 적절한 군집규모를 유지할 수 있는 안전장치가 마련되어 있다.

▶ 생물들의 다양한 경쟁회피 기작

자연에서의 생물들은 스스로 군집 규모를 조절할 수 있는 능력이 있을 뿐 아니라, 불필요한 경쟁을 회피하는 다양하고 능동적인 메카니즘을 가지고 있다. 그 중 가장 효율적인 방법이 각자 고유한 ‘생태적 지위(ecological niche)’를 가지는 것이다. 실제로 동일한 서식처의 유사종들 사이에 동일한 생태적 지위를 가지는 경우는 찾기 어렵다.



14종의 갈라파고스 핀치새는 서로 먹이 선호도를 달리함으로써 경쟁을 회피하며, 먹이 선호도와 부합하는 각기 다른 형태의 부리를 가지고 있다는 사실은 너무나 잘 알려져 있다. 메기나 송어처럼 동일한 먹이사슬 지위를 가지고 있다 하더라도 서식처를 공간적으로 분할하는 경우가 있는가 하면, 동일한 서식처에 먹이 선호도가 같은 동물들 사이에도 나방과 나비, 조류와 박쥐처럼 동일 서식처를 시간적으로 분할함으로써 효율적으로 경쟁을 회피한다.

한편 크기와 모양, 먹이 선호도조차 동일한 다섯 종류의 솔새들이 어떻게 가문비나무 숲에서 함께 서식할 수 있는지를 관찰한 메카서(R. MacArther)의 고전적 연구에 의하면, 서로 다른 높이에서 먹이를 찾으며 각기 숲을 관통하는 방향이나 활동 영역을 달리할 뿐 아니라 각기 산란의 시기도 달리함으로써 생태적 지위를 미묘하게 조정하고 있음을 보고하고 있다.

동일한 생태적 지위를 가진 동종의 생물들 간에도 효과적으로 경쟁을 회피하는 다양한 기작들이 존재한다. 이를 테면 ‘분산기작’, ‘세력권 원리’, ‘우점 계급구조의 형

성' 등이다.

▶ 경쟁의 결과? 경쟁회피의 결과!

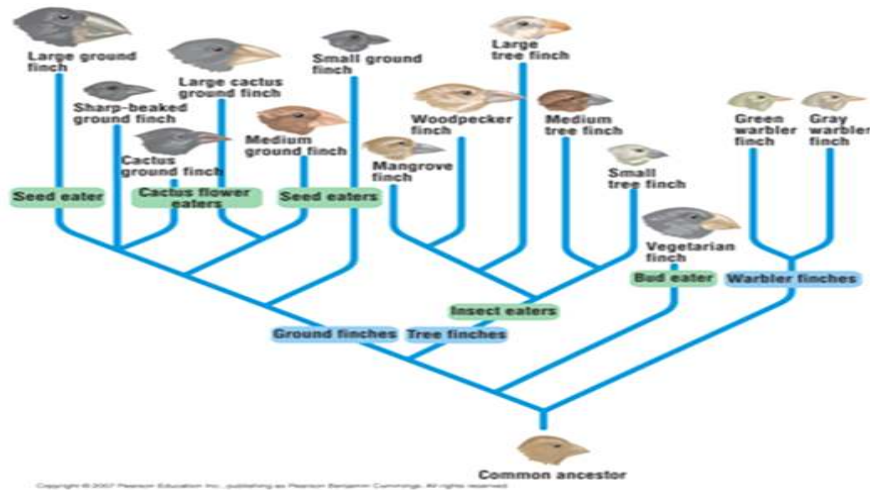


Figure 1.13

갈라파고스 군도의 핀치새

생물들의 다양한 경쟁회피 기작

- 고유한 생태적 지위(ecological niche)
- 서식처의 시간적, 공간적 분할을 통한 효율적 경쟁회피
- 동일한 생태적 지위를 가진 종들의 다양한 경쟁회피 기작
(분산기작, 세력권 원리, 우점 계급구조의 형성 등)

▶ 식물들의 경쟁

다윈의 생물학자로서의 여러 업적을 펴낼 뜻은 없지만 다윈이 자신의 관찰을 일반화하기 위해 수행되었던 실험들 중에는 오류도 있었다. 다윈은 동물뿐 아니라 식물 역시 치열한 경쟁에 의해 도태(혹은 선택)된다고 하면서 다음과 같은 실험을 통해 그의 주장을 입증하고자 했다.

이름하여 ‘수확의 원리’라는 것인데, 20여 종의 초본이 자라고 있는 한 지역의 목초지를 두 구역으로 울타리를 쳐서 다른 외부의 간섭이 없도록(초식동물의 접근을 차단)한 다음, 한 곳은 주기적으로 별초를 해주고 다른 한쪽은 그냥 방치를 해두었다. 일정 기간이 지난 후 두 지역의 종 다양성을 비교해 보았더니, 주기적으로 별초를 해준(수확을 한) 곳은 20종의 초본이, 방치한 곳은 11종의 초본만이 생존하고 있었다. 이의 관찰을 바탕으로 내린 결론은 자연계에서 식물들 간에 치열한 경쟁의 결과로 강한 자는 살아남고, 약한 자는 도태되는 약육강식, 적자생존이 이루어진다

는 것이다.

그러나 이것은 자연계의 순환원리를 간과한 오류에 불과하다.

식물은 나홀로 존재하는 것이 아니라, 생산자와 소비자와 분해자가 긴밀하게 협업하는 생태계의 물질순환 고리에서 생산자의 위치를 점한다. 즉, 생태계는 이들 3자간의 유기적 활동에 의한 물질순환의 사이클이 끊임없이 진행됨으로써 건강한 상태를 유지할 수 있으며, 이러한 물질순환의 단절 혹은 병목현상을 우리는 환경오염 혹은 생태계의 파괴라 칭한다.

다윈의 실험에서 울타리 쳐놓고 방치한 곳은 소비자의 참여가 차단된 즉, 물질순환이 단절된 생태계이다. 오히려 계속 벌초를 해준 곳이 인위적이긴 하지만 토끼와 노루와 그 밖의 먹이 선호도가 다양한 초식동물이 참여한, 상대적으로 자연에 가까운 생태계인 것이다.

이 실험의 결과는 경쟁에 의한 적자생존을 입증한 것이 아니라, 다양한 생태계의 구성요소(생산자와 소비자 그리고 분해자)들 간의 원활한 협업이 없는 생태계는 파괴된다는 교훈을 주는 것이다.

결국 경쟁이란 생태계의 어느 한 단면을 설명할 수는 있을지언정 생태계를 전체적으로 조망할 수 있는 ‘창’이 될 수는 없음을 시사한다.

► **Biosphere 2** (이도원 교수의 생태 에세이 ‘흙에서 흙으로(사이언스북스, 2004. p.103~109)’에서 부분 인용)

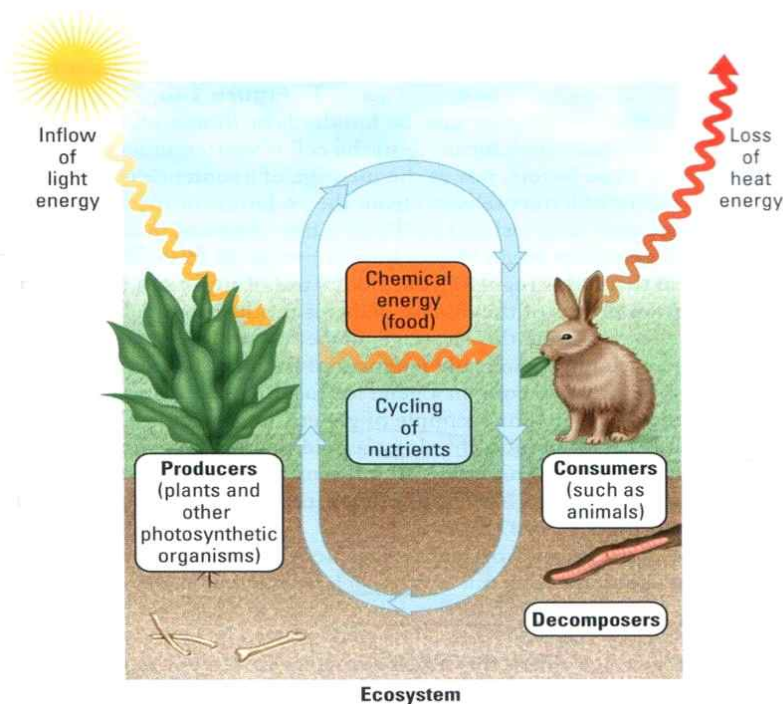
1991년 9월 26일 미국 에리조나주 투손(Tucson) 사막에서는 역사적인 행사가 진행되고 있었다. 1987년 초에 시작되어 4년 여의 공사기간을 소요하며 건립된 대규모 실험 장치의 운행을 가동하기 위한 행사였다.

우리의 생명 부양계(지구)에서 일어나고 있는 생태계의 운영원리를 파악하고, 미래 우주 도시 건설이나 지구의 미래 환경을 위한 자료를 얻기 위해 가능한 지구의 생물권과 유사하게 만든 이 인공적인 생물권을 ‘바이오스피어 2’ 라고 명명하였다.

이 실험장치는 총 면적 1만 3000m²(축구장의 약 1.5배) 규모의 거대한 유리 온실로서, 내부는 거주 구역, 농업 구역, 자연 구역으로 구분하고 자연 구역에는 열대우림, 사바나, 습지대, 바다, 사막의 다섯 생물권으로 구성되었다. 이곳에서 흙과 물, 공기, 동-식물 등을 갖추고 8명의 과학자가 외부로부터 어떠한 지원(전기 등을 포함한 일체의 에너지와 식량)을 받지 않은 채 2년 동안 생활하도록 계획되었다. 바이오스피어 2에 공급되는 유일한 외부 에너지는 거대한 유리벽을 통해 들어오는 빛 에너지 뿐이었으며, 이를 이용해 벼, 밀, 상추, 토마토, 오이, 당근, 고구마 등 150여 종의 농작물과 돼지, 닭, 염소 등 4,000여 종의 동물 등이 생태계를 이루어 자급자족하며 생활하였다.

그러나 수개월이 지나면서부터 바이오스피어 2 내부의 가스 구성이 점차 불균형을 이루기 시작하여 2002년에는 비정상적으로 증가하는 이산화탄소를 비밀리에 제거해야 했으며, 1993년 2월에는 산소 농도가 21%에서 15%로 뚝 떨어졌다. 15%의 산소농도는 고도 3,800미터 높이의 값으로 그 수준에서는 산소 결핍증이 나타나기 때문에 당초 계획과는 달리 외부로부터 산소를 공급받아야 했다.

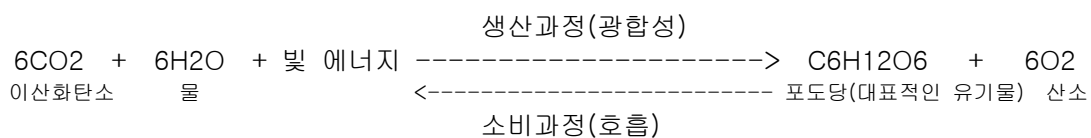
생물지구화학적 순환은 서로 밀접한 연관이 있고 각 원소가 완전하게 분리될 수 없다. 그러나 생물의 주요원소인 탄소와 수소 그리고 산소는 모두 광합성과 호흡이라는 상반된 과정에 의해서 순환되며 밀접한 연관을 갖게 된다.



에너지 흐름과 물질 순환

- 에너지는 빛에너지 -> 화학에너지 -> 열에너지의 형태로 지구생태계 관통
- 물질은 생산자와 소비자, 분해자 사이에서 생물지구화학적 순환

위의 과정을 단순화시키면 아래와 같은 화학식으로 나타낼 수 있다.



바이오스피어 2에서 이산화탄소의 농도가 높아졌다는 사실은, 그 밀폐된 공간에서 위의 화학반응이 왼쪽으로 진행되었음을 의미한다. 이것은 바로 바이어 스피어 2에서 생물들이 숨쉴 만한 산소 수준이 유지되지 못했으며 동시에 생산성이 음의 값을 가졌다는 것을 시사한다.

그러면 산소 부족 현상을 일으킨 원인은 무엇이였을까? 역설적이게도 토양의 비옥도를 유지시키기 위해 풍부하게 공급한 유기물이 과잉 산소 소모를 불러왔다. 과잉 불급이라 했던가. 적절한 양의 유기물은 미생물의 활동을 매개로 토양을 식물 경작과 토양 동물의 활동에 적합한 서식처로 만들지만 지나치면 생태계의 균형이 깨어진다. 호수가 부영양화되면 과도하게 생산된 유기물이 분해되면서 수중의 산소 고갈을 가져오는 현상과 비슷하다.

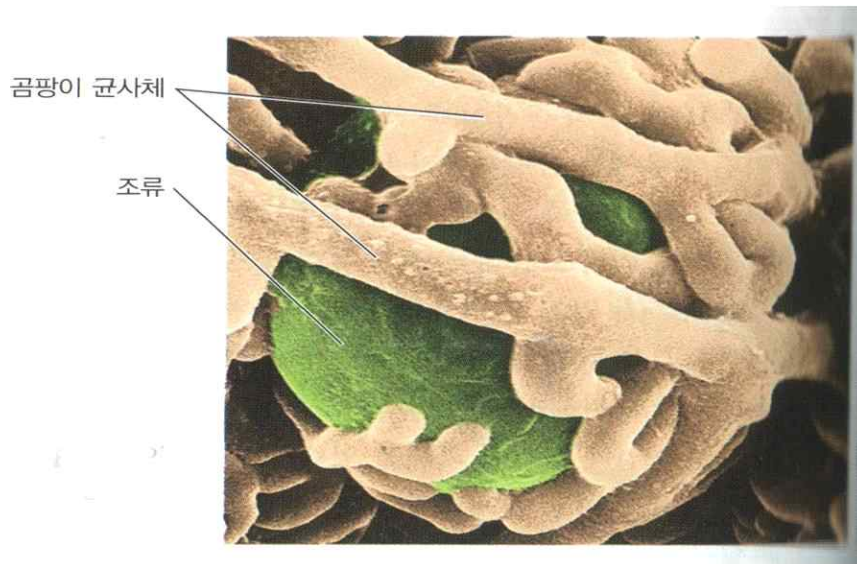
결국 토양생태계의 이해 부족이 바이오스피어 2의 불행을 초래케 한 근본 원인이었다. 농지에 함유된 다량의 유기물은 분해자인 미생물이 이를 분해하면서 산소를 과잉 소모하게 되고 대기 중에 산소 농도의 부족으로 이어지게 되었다. 대신 바이오스피어 2에 충만하게 된 이산화탄소와 질소로 인해 초본들만 통제할 수 없을 정도로 자라고, 바퀴벌레와 개미같은 몇몇 곤충들만이 번창하게 됐다. 바이오스피어 2에 있던 25종의 작은 동물들 가운데 19종이 절멸하고 말았다. 식물의 꽃가루받이를 대신해주던 곤충들이 죽자 식물들도 번식할 수 없게 됐다.

우려되는 것은 이제 지구에서조차 산소-이산화탄소 균형이 깨어지고 있다는 사실이다. 그 까닭은 산업혁명 이후 석탄과 석유를 포함하는 화석 연료의 과도한 소비와 숲의 파괴 때문이라고 한다. 이산화탄소 증가와 산소 감소가 서서히 일어나고 있는 것은 지구가 상대적으로 바이오스피어 2보다는 비교할 수 없을 정도로 큰 규모이기 때문이다. 바이오스피어 2에서 불가피하게 일어난 산소 공급은 지구에서도 순생산성이 음의 값을 계속하는 이상 언젠가는 산소가 인류의 생존을 위협하는 수준으로 떨어질 수 있다는 경고로 받아들여야 한다.

▶ 숲의 천이과정

균류(菌類)와 조류(藻類)의 공생체인 지의류(地衣類)들은 어떠한 생물도 살 수 없는 환경에서 생명의 뿌리를 내릴 수 있는 능력이 있다. 영양물질이 없는 척박한 바위 표면에 지의류가 부착하면 균류는 대기 중의 습기를 균사로 흡수하여 광합성의 필수 재료인 물을 조류에게 공급하고, 조류는 이를 이용해 광합성을 한다. 광합성 산물은 곰팡이에게 다시 분배되는 상호협동을 통해 생명의 뿌리를 이어간다.

한 살이가 끝난 지의류는 미생물에 의해 분해되며 이 과정에서 여러 가지 유기산이 바위의 무기물질들을 녹여내어 토양을 만들어낸다. 초기의 얇은 토양층은 한해살이 풀들이 살 수 있는 환경이 되며, 한해살이 풀들의 한 살이는 토양의 유기물로 환원되어 좀 더 비옥하고 깊은 토양층을 형성함으로써 여러해살이 풀들이 뿌리를 내릴 수 있는 토양 환경으로 성숙된다. 이러한 과정들을 거치면서 나무들의 줄기를 지탱할 수 있을 만큼 깊이 뿌리를 내릴 수 있도록 토양 또한 발달하며, 작은 나무에서 큰 나무로, 양수림에서 음수림으로, 궁극적으로 숲은 극상림으로 발달한다.(극상림에서 발생하는 자연적인 산불은 새로운 숲의 일생이 시작되는 출발점이다)



지의류

따라서 천이과정 중에 새로운 식물의 출현은 식물들간의 경쟁에 의한 자연선택이라기보다 그 식물이 뿌리 내릴 수 있는 토양환경에 좌우된다. 즉, 숲의 식생 천이는 식물들의 경쟁적 상호관계로만 보아서는 안 되며, 식물들의 삶의 기반이 되는 토양의 형성과정과 함께 해석되어야 하는 것이다. 이렇게 숲 생태계의 일생에서 각각의 단계는 긴밀한 협력관계를 이루고 있는 것이며, 앞선 세대의 식물들은 후속하는 식물들의 생존 환경을 조성하는 선구 수종의 관점으로 해석되어야 하는 것이지, 누가 누구한테 쫓겨나고, 누가 누구한테 경쟁에서 밀리고 하는 개념으로 해석될 수는 없는 것이다.

▶ 식물세계의 사회 안전망

가끔 아이들 숲 체험 현장에 따라 나선다.

숲 해설을 하시는 선생님께서 무언가를 보고 매우 측은해 한다. 울창한 활엽수림 속의 키 작은 나무를 가리키며 터를 잘못 잡은 탓에 곧 죽을 운명이라며 안타까워한다. 아이들도 동의하는 눈치다. 자연은 약육강식과 적자생존의 경쟁 세계라 배운

탓이라.

햇빛을 많이 받아야 잘 자라는 양수와 그늘진 곳에서도 잘 자라는 음수에 대한 이야기.. 광합성 효율에 대한 설명도 이어졌다. 우리가 교과서에서 배우고 가르치는 그대로이다. 하지만 땅속 세상에서 서로 얹히는 공존의 원리는 모르는 것 같다.

1990년대 초 오레곤 주립대학의 균류학자 수전 시머드(Suzanne Simard)가 이끄는 연구진은 실제 숲 생태계에서 일련의 야외실험을 시작하였다. 균근(균류와 뿌리의 공생)을 통한 나무 사이의 자원 전달을 측정하기 위해서였다. 지구상에 사는 모든 식물은 미생물과 공생을 한다. 그중 식물의 90% 이상은 뿌리와 균류(곰팡이와 버섯의 균사체) 사이에 끈끈한 유대를 이룬다. 물과 양분을 찾는 실력은 균류의 균사체가 뿌리보다 100배 정도 효율적이다. 균사로부터 공급받은 물과 양분으로 식물은 광합성을 하며, 광합성 산물의 10~30%는 뿌리를 통해 균류에게 전달된다. 일종의 수수료인 셈이다.

연구진은 특정 종의 곰팡이로 이루어진 균근이 동일종의 나무들뿐만 아니라 다른 종의 나무들까지 서로 연결시킨다는 사실을 발견했다. 이들은 자작나무와 전나무를 연결시켜주는 네트워크를 관찰한 결과 이 나무들이 열 종류의 균류 공생체를 공유한다는 사실을 알아냈다. 놀랍게도 햇볕을 받은 자작나무는 균근의 연결 네트워크를 통해서 그늘진 곳의 전나무에 당을 공급하고 있었다.

시머드의 연구진은 이 숲의 땅속 그물망을 탐험하면서 역동적인 지하 상호 의존성의 새로운 원리를 발견했다. 빛을 찾으려고 애쓰는 어린 묘목이 대부분을 이루는 그늘진 곳의 식물들은 숲의 지붕 꼭대기에서 햇빛을 받고 있는 식물들의 도움을 받을 수 있다. 숲속 식물들의 광합성 산물은 종 내에서 그리고 종 사이에서 재분배된다. 많은 자는 베풀고 가난한 자에게 나누는 식물세계의 사회 안전망이다.

이제 우리는 숲을 개개의 나무와 풀들이 그저 함께 모여 있는 공간으로 인식하는 좁은 사고에서 벗어나야만 한다. 숲이란 우리 눈에는 실체를 드러내지 않았던 땅속의 거대한 네트워크를 통해 상호 긴밀히 조절되는 거대한 생명체의 모습인 것이다. 마치 수없이 많은 세포들이 모여 '나'라는 존재를 만드는 것처럼....

▶ 자연에서 배우는 지혜

우리는 왜 자연을 찾는가? 도시인의 입장에서 보면, 의외로 답은 쉽다.

“각박한 도시생활에서 지친 몸과 마음에 활력을 불어넣기 위해서 ... ”

지구 생태계의 긴 역사를 통해서 볼 때, 숲으로부터 나온 인류가 농경생활을 거쳐 산업사회로 발전한 시기는 아주 짧은 시간동안에 이루어졌고, 콘크리트 벽돌과 자

동차 그리고 온갖 인공 구조물 속에 갇혀 편안해 하기에는 아직 그 진화의 역사가 짧기 때문이라.

그래서 고래가 수면으로 나와 긴 호흡을 하듯이 우리는 가끔이라도 자연에 나가 생명의 공기를 호흡해야만 한다.

우리 미래 세대에 있어서의 자연은 현명한 삶을 살아가는 방법을 터득하는 배움터이며, 치열한 경쟁 속에서 상처받은 아이들을 위한 치유의 놀이마당이다.

자연 속으로 발을 들여놓는 순간 생명의 공기를 호흡한 아이들은 동심을 회복할 것이며, 창의적 상상력이 나래를 펼 것이다.

그것만으로 충분할런지도 모른다. 하지만 자연을 제대로 이해함으로써 얻는 삶의 지혜를 놓치기는 너무 아쉽다.

자연에 나가면 이름 모를 많은 생물들을 만난다. 이들의 이름은 무엇인지, 왜 그 곳에 있는지, 아이들의 상상력은 꼬리를 문다. 생태계에서 이들의 역할을 이해하는 것은 자연을 이해하는 첫 걸음이다. 한걸음 더 나아가 자연 속의 생물들로부터 삶의 지혜도 배워보자. 척박한 환경에서 자연과는 어떻게 조화를 이루며, 상반된 능력을 가진 자들끼리 어떻게 협동하면서, 자기만의 고유한 생태적 지위를 구축하는지...

그래서 우리 사회를 구성하는 다양한 사람들이 조화롭게 살아가는 삶의 지혜를 깨쳐보자. 남들과 경쟁하지 않고, 서로 협동하면서 ‘인간 생태계’에서 살아남을 방법을 배워보자. 이미 누군가 선점하고 있는 좁은 생태적 지위를 탐하여 경쟁하지 말고, 자신만의 고유한 생태적 지위를 만들어 가는 창의력을 키워보자.